ESSAIS
SUR
L'HYGROMÉTRIE.

ESSAIS
SUR
L'HYGROMÉTRIE.

I^er^. ESSAI. *Description d'un nouvel Hygrometre comparable.*

II. ESSAI. *Théorie de l'hygrométrie.*

III. ESSAI. *Théorie de l'évaporation.*

IV. ESSAI. *Application des théories précédentes à quelques phénomenes de la météorologie.*

Par HORACE-BÉNÉDICT DE SAUSSURE, Professeur de Philosophie à Geneve.

Si quis hujusmodi rebus ut nimium exilibus & minutis vacare nolit, imperium in Naturam nec obtinere nec regere poterit. BACON.

A NEUCHATEL,

CHEZ SAMUEL FAUCHE PERE ET FILS, IMPRIMEURS, LIBRAIRES DU ROI.

M. DCC. LXXXIII.

CH^LES. MALLET.

PRÉFACE.

On fera peut-être furpris de voir, qu'au lieu de publier le fecond volume de mes *voyages dans les Alpes*, qui auroit déja dû paroître, j'aie travaillé fur un fujet d'un genre auffi différent. Mais on m'excufera, j'efpere, quand on faura comment j'ai été acheminé à fufpendre ce premier ouvrage pour m'occuper de celui - ci.

Le fecond volume de ces voyages devoit commencer par la defcription des montagnes qui bordent la vallée de Chamouni. Je les avois fouvent obfervées; cependant, lorfque je mis la main à la plume pour les décrire, je fentis que je ne pourrois en donner une defcription qui me fatisfît moi-même, fi je ne les étudiois encore. Je retournai donc à Chamouni en juillet 1780: mais à peine avois-je commencé mes obfervations, que je fus furpris à l'improvifte & fur la cime même d'une montagne très-élevée, par une violente fievre, dont les accès répétés m'obligerent à revenir à Geneve. Cette fievre ceffa bientôt

après mon retour, mais elle me laiſſa une foibleſſe qui ne me permit pas de ſonger, de tout le reſte de l'été, à entreprendre de nouvelles courſes ſur les hautes Alpes.

Me voyant forcé à renvoyer ces courſes à l'été ſuivant, & ne voulant point décrire ces montagnes avant de les avoir revues, je penſai à profiter de cet intervalle pour mettre la derniere main à mes recherches ſur les hygrometres & ſur l'évaporation.

J'avois commencé ces recherches bien des années auparavant, mais je ne m'en étois occupé que par intervalles, tantôt attiré par l'importance du ſujet & par l'eſpérance d'y découvrir des vérités nouvelles; tantôt rebuté par ſa difficulté.

L'invention d'un hygrometre comparable m'avoit principalement occupé; j'avois eſſayé différens corps & différentes méthodes, mais rien ne m'avoit ſatisfait, lorſque j'eus en 1775 l'idée d'employer le cheveu à la conſtruction de cet inſtrument. Je m'en occupai pendant tout l'hyver de 1776, & je me croyois aſſuré du ſuccès, lorſque je découvris, que les cheveux, tels que je les employois, ſouffroient au bout de quelques mois une altération qui les rendoit abſolument impropres à cet uſage, & ce

défaut me parut alors ſans remede. Mr. Senebier inſéra dans un mémoire qu'il envoyoit au Journal de Phyſique, une lettre dans laquelle je lui communiquois le réſultat de ces recherches. Voyez le *Journal de Phyſique année* 1778. *Tom. I, p.* 435.

Dès lors juſqu'à la fin de l'année 1780, toujours occupé de mes travaux ſur les montagnes, j'avois entiérement perdu de vue l'hygrométrie; mais l'interruption forcée de ces mêmes travaux m'invita à revenir aux hygrometres à cheveu & à tenter de les perfectionner. J'y travaillai tout l'hyver & le printems de l'année 1781; j'eus le bonheur de découvrir la cauſe du défaut qui me les avoit fait abandonner, de trouver un remede à ce défaut, & de déterminer avec beaucoup de préciſion les termes d'humidité & de ſéchereſſe extrême que j'avois entrevus en 1776. Enfin je donnai à ces inſtrumens une forme commode & portative.

J'en fis alors conſtruire quatre pour pouvoir les comparer entr'eux; mais à peine étoient-ils finis qu'il fallut partir pour aller achever dans les Alpes les obſervations de géologie que mon indiſpoſition de l'année précédente avoit interrompues. Je penſai à faire cette comparaiſon dans le voyage même, j'em-

portai avec moi ces quatre hygrometres, & ils me ſervirent aux obſervations que l'on verra dans le IVe. eſſai. J'eus lieu d'être ſatisfait de ces inſtrumens; leur accord entr'eux, leur extrême promptitude à ſuivre les variations de l'air, leur commodité, la maniere dont ils réſiſterent à divers petits accidens inévitables en voyage, me perſuaderent qu'ils pouvoient être réellement utiles aux phyſiciens.

AVANT de partir, j'avois déja ébauché leur deſcription; je crus à mon retour que je pourrois l'achever en peu de jours & me livrer enſuite tout entier à celle des montagnes que je venois d'obſerver. Mais comme je deſirois de pouvoir tirer quelques conſéquences générales des obſervations hygrométriques que j'avois faites à de grandes hauteurs, il falloit abſolument trouver le moyen de comparer entr'elles des obſervations faites à des degrés de chaleur différens. C'eſt ce qui m'engagea à travailler aux tables de correction que renferme le IId. eſſai. Je n'imaginois point que ce travail pût me coûter beaucoup de tems; mais il m'arriva ce qu'éprouvent ſi ſouvent les phyſiciens, c'eſt qu'une expérience en entraîne une autre; il ſurvient des doutes, on veut les éclaircir; & d'autres expériences

deviennent

deviennent encore néceſſaires. Souvent auſſi une connoiſſance nouvelle vous met ſi fort à portée d'en acquérir d'autres qui paroiſſent encore plus intéreſſantes, que l'on ne peut pas réſiſter au deſir de les chercher. Lors, par exemple, que j'eus achevé les tables de correction, je ſouhaitai de connoître la quantité d'eau diſſoute dans l'air & de déterminer cette quantité pour tous les degrés de l'hygrometre & du thermometre. Ainſi de recherche en recherche & d'expérience en expérience, je ſuis venu au point de voir, qu'en y conſacrant, comme je l'ai fait, le reſte de cette année; je pourrois donner une théorie à peu près complete, & j'oſerois même dire *nouvelle* de toute cette branche de la phyſique.

En effet, quoiqu'on ſe ſoit beaucoup occupé des hygrometres, on n'avoit preſque pas ſongé à *l'hygrométrie* ou à *l'art de meſurer la quantité abſolue d'eau qui eſt ſuſpendue dans lair.* Le célebre Lambert, qui le premier a donné un nom à cet art ou à cette ſcience, eſt je crois le ſeul qui s'en ſoit occupé; & même ce grand géometre, conſidérant cet objet ſous ſon point de vue favori, ſemble s'être occupé du ſoin de tracer géométriquement la marche de l'hygrometre à boyau & les progrès de l'évaporation de l'eau, plutôt que de l'hygrométrie proprement

dite. D'ailleurs le haut degré de perfection auquel on a porté la chymie dans ces derniers tems, la facilité que l'on a acquise de l'appliquer aux différentes branches de la physique, répandent sur la théorie de l'hygrométrie des lumieres dont ce grand homme n'a point pu profiter, & à l'aide desquelles il auroit indubitablement traité ce sujet avec beaucoup plus de profondeur & d'exactitude.

Je crois donc pouvoir dire que la théorie de l'hygrométrie, que je donne dans le IId. essai est absolument nouvelle, de même que la plupart des expériences sur lesquelles elle est fondée. Mais elle est par cela même très-imparfaite & je sens fort bien qu'elle n'est comme le porte son titre, qu'un essai ou une premiere ébauche.

Quant à l'évaporation, dont la théorie fait le sujet du IIIe. essai, les principes sur lesquels elle repose ne sont certainement pas nouveaux: la conversion de l'eau en vapeur élastique a été connue, pour ainsi dire, de tout tems; la dissolution de l'eau dans l'air l'a été par Mr. Le Roi; les vésicules qui composent les brouillards & les nuages ont été imaginées par Halley & mises sous les yeux par Kratzenstein. Mais aucun physicien n'avoit, à ce que

je crois, bien nettement diſtingué les différentes modifications des vapeurs. Les auteurs ſyſtématiques s'étoient tous efforcés de réduire toutes les vapeurs à une ſeule & même eſpece, tandis qu'elles exiſtent réellement ſous des formes abſolument différentes. On n'avoit pas vu non plus que l'eau ne ſe diſſout dans l'air qu'en ſe convertiſſant en un fluide élaſtique : or c'eſt un fait que j'ai démontré par les expériences les plus préciſes, qui font en même tems connoître, juſqu'à quel point les vapeurs en ſe diſſolvant dans l'air diminuent ſa peſanteur ſpécifique. Enfin les loix ſuivant leſquelles varie l'humidité de l'air à meſure qu'il ſe raréfie ou ſe condenſe étoient un ſujet tout neuf, ſur lequel on n'avoit que des idées ou vagues ou fauſſes, & que je crois avoir ébauché d'une maniere ſatisfaiſante dans le II^d^. & dans le III^e^. eſſai.

L'APPLICATION de ces principes à la météorologie, qui fait le ſujet du IV^e^. eſſai, établit certainement quelques vérités nouvelles; mais elle fait pourtant voir combien cette ſcience eſt éloignée de la perfection dont elle eſt ſuſceptible : & les nombreuſes recherches qui reſtent encore à faire, dont l'énumération termine cet ouvrage, démontrent combien peu je me flatte d'avoir épuiſé mon ſujet.

Je me ſerois fait un plaiſir de l'approfondir davantage; mais la vie entiere du phyſicien le plus actif ne ſuffiroit pas pour l'épuiſer. Il me ſuffit d'avoir tracé le plan de l'édifice & d'en avoir jeté les premiers fondemens.

Je vais maintenant conſacrer ce qui me reſte de loiſir & de forces à remplir de mon mieux les engagemens que j'ai contractés relativement à la deſcription de nos montagnes & à la théorie de leur formation.

A Geneve ce 26e. Décembre 1782.

TABLE

DES CHAPITRES ET DES SOMMAIRES.

PREMIER ESSAI.

DESCRIPTION D'UN NOUVEL HYGROMETRE COMPARABLE.

CHAPITRE I. *STRUCTURE de l'hygrometre*, pag. 1.

Extenſion du cheveu par l'humidité, *ibid.* Moyen de rendre cette extenſion plus ſenſible, p. 2. Deſcription de l'hygrometre à arbre, *ibid.* Étendue des variations de cet hygrometre, p. 5. Deſcription de l'hygrometre portatif, p. 6. Étendue de ſes variations, p. 10.

CHAP. II. *Préparation du cheveu*, p. 12.

Onctuoſité naturelle du cheveu, *ibid.* On peut l'enlever avec l'Alkali cauſtique, *ibid.* Mais le ſel de ſoude eſt préférable, *ibid.* Choix des cheveux, *ibid.* Détails de l'opération, p. 13. Caracteres des cheveux leſſivés à propos, p. 14.

CHAP. III. *Détermination du terme de l'humidité extrême*, p. 15.

Moyen d'obtenir cette humidité, *ibid.* Moyen de la conſerver, *ibid.* Effets de cette humidité ſur le cheveu, p. 16. Cheveux rétrogrades, *ibid.* Une charge trop forte leur donne ce défaut, p. 18. Réſumé de l'opération, p. 19. La chaleur ne change point le terme d'humidité, p. 20.

CHAP. IV. *Détermination du terme de ſéchereſſe extrême*, p. 23.

Deſſéchement produit par les ſels, *ibid.* Sa quantité n'eſt pas toujours la même, *ibid.* Caractere du deſſéchement extrême, p. 24. Détails de l'opération, *ibid.* Contraction du cheveu par un très-grand froid,

p. 28. Signes d'une opération manquée, *ibid.* La même tole peut resservir, p. 29. D'autres moyens ne donnent pas le même degré de sécheresse, *ibid.*

CHAP. V. *Des variations pyrométriques du cheveu*, p. 30.

On peut les apprécier dans un air complétement desséché, *ibid.* Mesure de ces variations, *ibid.* Leur rapport avec les variations hygrométriques, p. 31. Gradations dans l'étendue de ces variations, p. 34. Réponse à une objection, p. 35. Ce qu'il faut entendre par sécheresse extrême, *ibid.* Les mêmes recherches tentées dans l'humidité extrême, p. 36.

CHAP. VI. *Graduation de l'hygrometre*, p. 38.

Échelle de cent degrés, *ibid.* Pourquoi les degrés croissent avec l'humidité, *ibid.* Différentes manieres de marquer les degrés, p. 39. Graduation par comparaison, p. 41. Précaution qui rend cette opération plus sûre, p. 42. Raison de cette précaution, *ibid.* Accord observé entre les hygrometres à cheveu, *ibid.*

SECOND ESSAY.

THÉORIE DE L'HYGROMÉTRIE.

CHAP. I. *Principes généraux de cette théorie*, p. 44.

Définitions, plan de cet essai, *ibid.* Divers moyens de mesurer l'humidité de l'air, p. 45. Théorie des hygrometres de la premiere classe, p. 46. Affinité de l'eau avec les corps qui l'absorbent, *ibid.* Cette affinité n'est pas la même dans tous les corps, p. 47. Elle croît dans un même corps en raison de sa sécheresse, p. 48. Expérience qui le prouve, p. 49. L'affinité l'hygrométrique differe à cet égard de l'affinité chymique, p. 50. Distribution de humidité entre différens corps, *ibid.* Limites du desséchement, p. 52. Résultat général de la théorie des hygrometres de la premiere classe, *ibid.* Ce qu'il reste à faire pour perfectionner cette théorie, p. 53. Seconde méthode de mesurer l'humidité, p. 54. Principe sur lequel elle repose, *ibid.* Cette méthode à souvent induit les physiciens en erreur, *ibid.* Principes de la troisieme méthode, p. 55. Hygrometre de l'Académie del Cimento, *ibid.* Hygrometre de M. l'Abbé Fontana, p. 56. Hygrometre de M. Le Roi, *ibid.* Inconvénient des hygrometres de ce genre, p. 57.

CHAP. II. *Examen des hygrometres à cheveu*, p. 59.

Nécessité de cet examen, *ibid.* Qualités que devroit avoir un hygrometre pour être parfait, *ibid.* Moyens d'augmenter la sensibilité de l'hygrometre, p. 60. Par la lessive, *ibid.* Par des moyens méchaniques, *ibid.* Inconvéniens des hygrometres paresseux, p. 61. Quels cheveux sont les plus mobiles, p. 62. Et dans quelles circonstances, p. 63. Ils sont plus lents dans des vases clos, *ibid.* Sensibilité de l'hygrometre à cheveu, p. 64. Constance ou durée de ces hygrometres, p. 65. Leur comparabilité, p. 66. Précaution à prendre, p. 68. Les cheveux n'ont une marche parallele que quand ils sont également lessivés, *ibid.* Autre précaution à prendre, p. 69. Pourquoi l'on n'a pas comparé ces hygrometres avec d'autres, *ibid.*

CHAP. III. *La vapeur aqueuse est elle la seule qui allonge le cheveu?* p. 71.

Introduction, *ibid.* Appareil employé dans ces expériences, *ibid.* Expérience préliminaire, p. 72. Expérience avec de l'eau ou des corps qui en sont imprégnés, *ibid.* Huile éthérée de térébenthine, p. 73. La même huile soigneusement desséchée, *ibid.* Le camphre, p. 74. L'éther, *ibid.* Le même éther dépouillé de son eau surabondante, p. 75. L'esprit de vin, p. 78. Huile d'Olives, *ibid.* Cire molle, *ibid.* Alkali volatil concret, *ibid.* Résultat de ces expériences, p. 80.

CHAP. IV. *Des effets hygrométriques de la chaleur sur l'air & sur le cheveu*, p. 81.

Exposition du sujet, *ibid.* Utilité de ces recherches, *ibid.* Elles doivent être faites dans des vases fermés, p. 83. Procédé mis en usage, *ibid.* Table des différentes variations qu'un degré de chaleur produit dans l'hygrometre à cheveu, suivant le degré d'humdité qu'il indique, p. 87. Usage de cette table, p. 89. Autre table servant à des usages analogues, p. 90 & 92. L'usage de ces tables dispense de toute autre correction, p. 93. Pourquoi le cheveu est plus affecté par la chaleur quand il est plus humide, *ibid.* Limites de cette augmentation, p. 94. Ces tables ne peuvent servir que pour l'hygrometre à cheveu, p. 95.

CHAP. V. *Quel rapport y a-t-il entre les degrés de l'hygrometre & la quantité d'eau contenue dans l'air?* p. 96.

Introduction, *ibid.* Recherches sur la quantité d'eau que peut dissoudre

un pied cube d'air, p. 96. Idée générale du procédé à suivre dans ces recherches, *ibid.* Premiere précaution à prendre, p. 97. Seconde précaution, *ibid.* Troisieme précaution, p. 98. Résultat de mes premieres expériences, p. 99. Résultats différens obtenus par M. Lambert, *ibid.* Réponse à un doute qui pourroit s'élever, p. 100. Réponse à un autre doute, p. 101. La quantité d'eau dissoute est peut-être encore plus petite à l'air libre, *ibid.* Ballon employé aux recherches les plus exactes, p. 102. Manometre inséré dans ce ballon, p. 103. Résultats généraux de ces expériences, p. 104. Détails de l'appareil, p. 105. Sels employés au desséchement de l'air, p. 106. Détails d'une expérience faite suivant ces principes, p. 107. (*) Note sur la dilatation de l'air par la chaleur, p. 108. Résultats de cette premiere opération, p. 110. Seconde opération du desséchement, p. 111. Fin du desséchement, p. 112. Production des vapeurs dans un air desséché, p. 113. Premiere immersion d'un linge humide dans un air sec, p. 114. Seconde immersion, p. 115. Troisieme, *ibid.* Quatrieme, *ibid.* Cinquieme, p. 116. Sixieme & derniere immersion, *ibid.* Tableau de toutes ces expériences, p. 118. Table de la quantité d'eau contenue dans l'air de 10 en 10 degrés de l'hygrometre, p. 119. Résultats relatifs à l'hygrometre, *ibid.* Résultats relatifs au manometre, p. 120. Résultats relatifs au poids de l'eau évaporée, p. 122. Résultats des expériences troisieme & quatrieme, p. 123. Vapeur élastique produite par la glace, p. 124.

CHAP. VI. *Quel est sur l'hygrometre l'effet de la raréfaction & de la condensation de l'air*, p. 127.

Différentes opinions des physiciens sur cette question, *ibid.* L'hygrometre à cheveu peut servir à la résoudre, *ibid.* Phénomene singulier de mes premieres expériences, p. 127. Description de l'appareil, p. 128. Détails de ce phénomene, p. 129. Conséquences qui en résultent, *ibid.* Source de la vapeur qui se développe dans l'air raréfié, p. 130. Soupape destinée à empêcher l'entrée de cette vapeur, p. 131. L'effet de cet instrument, p. 132. Les mêmes expériences faites dans un air raréfié & condensé par le mercure, p. 133. Raison générale de ce phénomene, *ibid.* Premier apperçu sur les loix qu'il doit suivre, p. 134. La théorie de M. Lambert n'est pas conforme à l'expérience, p. 135. Il faut recourir

(*) M. le Chevalier l'Andriani avoit déja observé avant moi, que les sels Alkalis en absorbant les vapeurs dissoutes dans l'air diminuent sensiblement son élasticité. Il avoit même pensé à mesurer l'humidité de l'air par la quantité dont cette absorption diminue son volume; mais il a renoncé à cette espece d'hygrometre à cause de sa trop grande lenteur.

au principe des affinités hygrométriques, p. 135. Expériences sur les progrès du desséchement dans un air qui se raréfie, p. 136. Explication de la table, *ibid.* Explication des loix du desséchement dans un air raréfié, p. 138. Application de ces principes à l'expérience troisieme, p. 139. Tableau comparatif des résultats du calcul avec ceux de l'expérience, p. 142. Conséquences météorologiques de ces expériences, p. 143. Nouvelle épreuve sur le terme de sécheresse extrême, p. 144.

CHAP. VII. *Quel effet l'agitation de l'air produit-elle sur l'hygrometre?* p. 146.

État de la question, *ibid.* Observation qui lui a donné lieu, *ibid.* Conjecture sur la cause de ce fait, p. 147. Expérience qui vient à l'appui de cette conjecture, *ibid.* Expérience plus exacte qui la renverse, p. 148. Explication de l'effet des coups de vent, p. 150. Conclusion, p. 151.

CHAP. VIII. *Comment l'hygrometre est-il affecté par l'électricité?* p. 152.

Introduction, *ibid.* Hygrometre soumis à l'action de l'électricité, *ibid.* L'électricité ne le fait point varier, p. 153. L'électricité entraîne l'eau surabondante & non pas l'eau combinée, p. 154. Expérience qui le prouve, p. 155. Conclusion, p. 157.

CHAP. IX. *L'air inflammable & l'air fixe ont-ils aves les vapeurs les mêmes rapports que l'air commun?* p. 158.

Introduction, *ibid.* Difficultés à surmonter, *ibid.* Détails de l'expérience, p. 159. La même expérience répétée & variée, p. 161. Réflexion sur ces expériences, p. 162. Doute & expérience sur le mélange des deux especes d'air, p. 163. L'air inflammable dissout l'eau comme l'air commun, *ibid.* Effets de l'air inflammable sur divers métaux, p. 164. Mêmes expériences & mêmes résultats avec l'air fixe, p. 165.

CHAP. X. *Projet & exemple de tables générales destinées à évaluer les indications de l'hygrometre dans toutes les modifications de l'air qui peuvent influer sur lui,* p. 167.

Introduction, *ibid.* Principes généraux, p. 168. Idée générale de ces

tables, *ibid.* Maniere de les construire, p. 169. Méthode plus courte mais moins exacte, p. 171. Table auxiliaire, *ibid.* Table du poids des vapeurs aqueuses contenues dans un pied cube d'air à 15, 16 du thermometre & à chaque degré de l'hygrometre, p. 172. Principes du calcul de la table générale, p. 173. Usages de cette table, p. 177. Il faudroit d'autres tables pour d'autres degrés de densité de l'air, p. 178. Table des exposans de la diminution que souffre la force dissolvante de l'air à mesure qu'il se raréfie, p. 179. Table du poids des vapeurs aqueuses contenues dans un pied cube d'air à différens degrés de l'hygrometre & du thermometre, p. 181.

TROISIEME ESSAI.

THÉORIE DE L'ÉVAPORATION.

Introduction, p. 183. Définition des vapeurs, *ibid.* Différens systêmes sur leur formation, p. 184.

CHAP. I. *Des vapeurs élastiques & de leur dissolution dans l'air*, p. 185.

Vapeur élastique produite par l'éolipyle, *ibid.* Origine de cette vapeur, *ibid.* Degré de liberté nécessaire pour sa production, p. 187. Phénomenes des tubes où la chaleur de la main fait bouillir de l'eau, *ibid.* Froid produit par l'évaporation, p. 189. Vapeur élastique pure, p. 188. *bis.* (*) Vapeur élastique mêlée d'air, *ibid.* L'eau ne s'évapore qu'en se changeant en vapeur élastique, p. 189 *bis.* Cette dissolution doit être favorisée par l'agitation de l'air, p. 192. Belle expérience de Mr. l'Abbé Fontana, *ibid.* Explication de cette expérience, *ibid.* Expérience nouvelle qui confirme cette explication, p. 193. Pourquoi les vents augmentent l'évaporation, p. 195. Divers égards auxquels la chaleur favorise l'évaporation, p. 196. Nuances entre la vapeur mêlée d'air & la vapeur élastique pure, *ibid.*

CHAP. II. *Des vapeurs vésiculaires & des vapeurs concretes*, p. 198.

Condensation de la vapeur élastique contre des corps solides, *ibid.* Con-

(*) Je marque *bis* parce que par une faute d'impression les numeros des pages 188 & 189 ont été répétés au lieu de 190 & 191.

densation de la vapeur élastique au milieu de l'air, p. 199. Vapeur concrete, *ibid.* Vapeur vésiculaire, *ibid.* Grandeur de ces vésicules, p. 201. Maniere de les observer, p. 202. Épaisseur de la lame qui les forme, suivant Mr. Kratzenstein, p. 203. Conséquence que Mr. K. tire de cette épaisseur, p. 204. Les brouillards & les nuages sont composés de ces vésicules, *ibid.* La lumiere n'est pas divisée par les nuages comme par des gouttes pleines, p. 206. Ces vésicules sont aussi légeres que l'air, *ibid.* Réfutation des calculs de Mr. Kratzenstein, p. 207. Atmosphere de ces vésicules, p. 210. Quelle est la nature de cette atmosphere? p. 211. Qu'y a-t-il dans leur concavité? p. 213. Comment se forment-elles? *ibid.* Condensation de ces vésicules, p. 214. Modifications successives des vapeurs, *ibid.* Considérations ultérieures sur les vapeurs vésiculaires, *ibid.* Doute sur leur formation. p. 216. Nuages dont la production est instantanée, p. 217.

CHAP. III. *De l'évaporation dans un air raréfié ou condensé*, p. 219.

La vapeur élastique se forme plus aisément dans un air rare, *ibid.* Mais un air rare dissout moins de vapeurs, *ibid.* Phénomenes de l'hygrometre dans un air qui se raréfie, p. 221. Phénomenes de l'hygrometre dans un air qui se condense, p. 222. Vapeur vésiculaire dans un récipient qu'on purge d'air, *ibid.* L'Abbé Nollet croyoit qu'elle se sépare de l'air même le plus sec, p. 223. Source de cette erreur, *ibid.* Explication de la formation de cette vapeur dans le récipient, p. 225. Solution d'une difficulté, p. 226. Rareté de l'air dans lequel cette vapeur peut se former, p. 227. Détails de l'expérience, *ibid.* Les différentes couleurs paroissent en même tems, p. 229. Il est difficile de mesurer ces vésicules, p. 230. Vapeurs produites par la raréfaction d'un air condensé, *ibid.* Explication de la baisse du thermometre dans le vuide, p. 231.

CHAP. IV. *Le passage du feu d'un lieu dans un autre est-il une des causes de l'évaporation?* p. 234.

Introduction, *ibid.* Premier fait qui a donné lieu à cette question, *ibid.* Examen de ce fait, p. 235. Son explication, *ibid.* Second fait analogue au premier, p. 237. Objection tirée de la distillation, *ibid.* Réponse à cette objection; théorie de la distillation, *ibid.* La théorie générale donne aussi la même réponse, p. 238.

CHAP. V. *De la quantité de l'évaporation*, p. 240.

Conditions desquelles dépend cette quantité, *ibid.* Théoreme général, p. 241. Preuves tirées de la théorie. Vases égaux en tout, *ibid.* Vases d'orifices égaux mais de hauteurs inégales, *ibid.* Vases inégaux en tout, p. 242. Expérience de Muschembroëk qui paroît contraire à la théorie, p. 243. Expérience & explication de Richman, p. 244. N. Wallérius confirme cette explication, *ibid.* Expériences de Lambert conformes à la théorie, p. 245. Mesure de l'évaporation relative à la météorologie, p. 246. Atmidometre pour la quantité de l'évaporation annuelle, *ibid.* Autre atmidometre pour l'évaporation momentanée, p. 247.

CHAP. VI. *De l'évaporation de la glace*, p. 249.

La glace est sujette à l'évaporation, *ibid.* Mais le froid diminue cette évaporation, p. 249. Assertions contraires de Mr. Gauteron, p. 250. Examen de l'une de ces assertions, *ibid.* L'autre ne paroît pas mieux fondée, p. 251. Expériences très-exactes de N. Wallérius, *ibid.*

CHAP. VII. *De l'évaporation de l'eau mélangée d'autres substances*, p. 253.

Principe général, *ibid.* Expériences singulieres de N. Wallérius, p. 254. Recherches à faire sur ce sujet, *ibid.* Les sels fixes retardent l'évaporation, p. 255. Haller l'a prouvé par des expériences directes, *ibid.*

CHAP. VIII. *Résumé général de cette théorie*, p. 257.

Introduction, *ibid.* Vapeur proprement dite, *ibid.* Vapeur élastique pure, *ibid.* Vapeur élastique dissoute, *ibid.* Vapeur vésiculaire, *ibid.* Vapeur concrete, p. 258. Généralisation de cette théorie, *ibid.*

QUATRIEME ESSAI.

APPLICATION DES THÉORIES PRÉCÉDENTES A QUELQUES PHÉNOMENES DE LA MÉTÉOROLOGIE.

Introduction, p. 259.

CHAP. I. *De la distribution des vapeurs dans l'atmosphere*, p. 260.

La théorie est ici notre unique guide, *ibid.* Comment les vapeurs se distribueroient dans un air parfaitement sec, p. 261. Accumulation & distribution des vapeurs surabondantes dans un air saturé, p. 263. Différentes quantités de vapeurs dans les différentes couches d'une colonne d'air saturée, p. 264. Il n'y a aucune limite absolue à l'élévation des vapeurs, p. 265. C'est le froid des hautes régions de l'air qui retient l'eau sur notre planete, p. 266. Différens degrés d'humidité à différentes hauteurs, p. 267. Les nuages augmentent la quantité absolue de l'eau suspendue dans l'atmosphere, p. 268. A quelle hauteur peuvent s'élever les nuages, p. 270. Différences hygrométriques entre différentes couches verticales, p. 272.

CHAP. II. *Des orages*, p. 273.

Les vapeurs élastiques peuvent s'élever à de très-grandes hauteurs, *ibid.* Liberté & action du fluide électrique dans les hautes régions de l'air, p. 174. Les vapeurs établissent une communication entre la terre & les hautes régions de l'air, p. 275. Application générale de ces principes à différens météores, p. 276. Explication détaillée d'un ouragan, p. 277. Vents produits par la formation des vapeurs, p. 280. Grains, p. 281.

CHAP. III. *Des variations du barometre*, p. 282.

Introduction, *ibid.* Système de Mr. de Luc, *ibid.* Expérience destinée à vérifier ce système, p. 283. Cette explication est insuffisante, *ibid.* Objection prévenue, p. 285. Autre objection, p. 286. Troisieme Objection, *ibid.* Autres argumens contre le même système, p. 287. Hypothese de Mr. Pignotti, p. 289. Vues générales, *ibid.* Pourquoi ces variations sont plus petites sous l'équateur, p. 290. Parce que la température y est moins variable, *ibid.* Les vents constans, p. 291. Le décroissement de la chaleur en montant plus gradué, *ibid.* Objection générale contre l'influence des modifications chymiques de l'air sur le barometre, p. 292. Comment la chaleur fait baisser le barometre, p. 293. Causes qui diminuent les effets de la chaleur. Premiere cause, *ibid.* Seconde, p. 294. Cas où la chaleur influe le plus sur le barometre, p. 295. Influence des vents sur la température locale de l'air, p. 296. Ils changent cette température à une grande hauteur, p. 297. Réponse à une objection, p. 298. Influence méchanique des vents sur

la densité de l'air, p. 299. Violence des vents dans les hautes régions de l'air, p. 300. Rapports des mouvemens du barometre avec la pluie, p. 303. En hyver, *ibid.* En été, *ibid.* Autre objection, p. 304. Solution de cette objection, p. 305. Incertitude des prédictions du barometre, p. 306. Conclusion, p. 307.

CHAP. IV. *Comment il faut situer & observer l'hygrometre*, p. 309.

Fautes à éviter, *ibid.* Maniere d'observer dans la campagne, p. 310. Dans une maison, *ibid.* Observations en voyage, p. 311.

CHAP. V. *De l'action des rayons du soleil sur l'hygrometre à cheveu*, p. 313.

L'action d'un soleil pâle n'affecte point l'hygrometre, *ibid.* Mais un soleil vif le fait aller au sec, *ibid.*

CHAP. VI. *Des heures du jour où regnent la plus grande humidité & la plus grande sécheresse*, p. 315.

L'heure la plus seche du jour est entre 3 & 4, *ibid.* Considérations sur ce phénomene, p. 316. Conséquence qui en résulte, *ibid.* Le moment le plus humide est une heure après le lever du soleil, p. 317.

CHAP. VII. *Des causes qui produisent dans l'atmosphere les plus grandes sécheresses & la plus grande humidité*, p. 319.

Circonstances des plus grandes sécheresses que j'aie observées, *ibid.* Premier exemple, p. 320. Second exemple, p. 321. Humidité extrême, 1°. dans les brouillards & les nuages, p. 322. 2°. Pendant une forte rosée ou une nuit calme, après la pluie, p. 323. 3°. Pendant les pluies qui tombent de nuit par le calme, p. 324.

CHAP. VIII. *Différentes applications des tables qui servent à réduire au même degré de chaleur les observations hygrométriques*, p. 325.

Introduction, *ibid.* Diminution de l'humidité apparente & augmentation de la réelle, *ibid.* Diminution réelle & apparente de l'humidité, p. 326. Diminution de l'humidité apparente tandis que la réelle demeure la même, p. 327. La même comparaison faite dans le cas où la chaleur diminue, *ibid.* Comparaison des saisons différentes, p. 328. La méthode de

Mr. Le Roi ne donne pas exactement les mêmes résultats, p. 329. Raison de cette différence, p. 330.

CHAP. IX. *Observations météorologiques faites en voyageant dans les Alpes*, p. 332.

But de ce voyage, *ibid.* Explication de la table d'observations météorologiques, p. 333. Table de ces observations, p. 336. Résultats. Comparaison des hygrometres, p. 342. Comparaison des observations 18, 19 & 20, p. 343. Comparaison des observations 28 & 29, p. 344. De la 29 & de la 30e., p. 345. Doute, *ibid.* Comparaison de la 31e. avec la 33e., *ibid.* De la 40e. avec la 44e., *ibid.* Réponse à ce doute, p. 346. Autre doute, *ibid.* Exemple. Comparaison de la 60e. avec la 61e., *ibid.* Réponse. Comparaison de la 61e. avec la 63e. & de la 63e. avec la 64e., p. 347. Exceptions. Comparaison de la 75e. avec la 76e. *ibid.* Observations 93 & 94, p. 349. Autres exceptions. Observations 94 & 95, *ibid.* Observations 95 & 96, p. 350. Observations 98, 99, 100, 101, 102, *ibid.* En général les vapeurs dissoutes paroissent moins abondantes sur les hauteurs, *ibid.* Premiere raison de l'humidité des couches les plus basses de l'air, p. 351. Seconde raison, *ibid.* Cause de la grandeur des variations diurnes de l'hygrometre, p. 352.

CHAP. X. *Réflexions générales sur les pronostics météorologiques*, p. 354.

Les paysans & & les batteliers s'y connoissent mieux que les physiciens, *ibid.* Mais les connoissances du physicien sont plus générales, p. 355. Il faut combiner & réunir plusieurs pronostics, *ibid.* De l'hygrometre comme pronostic, *ibid.* Détails sur l'état du ciel, p. 356. Transparence de l'air, p. 357. Couleur des nuages qui passent sous le soleil, p. 358. Lune baignante, halo, p. 359. Espérances de la météorologie, p. 360.

CHAP. XI. *De ce qui reste à faire pour perfectionner l'hygrométrie*, p. 361.

But de ce chapitre, *ibid.* Il n'est pas probable que l'on fasse de grands changemens à l'hygrometre à cheveu, *ibid.* Mais il faudra perfectionner les tables de réduction, p. 362. Dresser une table des distances de la saturation suivant Mr. Le Roi, *ibid.* Éprouver la quantité de vapeurs qu'attire le verre à différens degrés d'humidité, p. 363. Dresser

un tableau de comparaiſon des différens hygrometres connus, *ibid.* Approfondir les rapports des différens airs avec les vapeurs, *ibid.* Joindre l'eudiometre aux inſtrumens météorologiques, p. 364. Étudier la nature de la vapeur élaſtique dans le vuide, *ibid.* Recherches à faire ſur les vapeurs véſiculaires, p. 365. Sur les nuages, *ibid.* Sur la quantité d'eau qu'ils contiennent, *ibid.* Trouver un diaphanometre, p. 366. Étudier la nature de la vapeur bleue que l'on voit flotter dans l'air quand il eſt ſec, *ibid.* Autres recherches à faire ſur les vapeurs, *ibid.* Généraliſer la théorie de l'évaporation, p. 367. Concluſion.

ERRATA.

Pag. 32. lig. 17 de la 2e. colonne de la note, . *ou du* . liſez . *ou de*
P. 85. l. . 5 de la 2e. colonne de la note, *au-deſſus* . liſ. . *au-deſſous.*
P. 98. l. . 8 . . . . *l'eau d'air* liſ. . *d'eau l'air.*
P. 109. l. 29 de la note, ... §. 117 . liſ. . §. 107.
P. 122. l. 24 . . . . . . 15 *centieme* 16 *degrés* liſ. . 15 *degrés* 16 *centiemes.*
P. 127. l. 11 & 12. . . . . *au ſentiment* liſ. . *à celle.*
Ibid. . Sommaire du §. 132. . . . *pour ſervir* liſ. . *peut ſervir.*
P. 132. l. pénultieme. . . . . 6, 7 liſ. . 61, 7.
P. 170. l. . 7 . . . . *entre* liſ. . *entrer.*
La page qui ſuit la 189e. eſt numérotée . 188 . liſ. . 190.
La ſuivante eſt numéroté . . . . 189 . liſ. . 191.
P. 224. l. . 6 & 7 . . . . . . *obſervées l'Abbé* liſ. . *obſervées par l'Abbé.*
P. 362. Le Sommaire du §. 349 a été oublié . . . liſ. . *Cauſe de la grandeur des variations diurnes de l'hygrometre.*
La page qui ſuit le 353e. eſt numérotée . . 454 . liſ. . 354.

ESSAIS

PREMIER ESSAI.

DESCRIPTION

D'UN NOUVEL

HYGROMETRE COMPARABLE.

CHAPITRE PREMIER.

STRUCTURE DE L'HYGROMETRE.

§. 1. LE cheveu s'alonge quand il s'humecte, & se contracte ou se raccourcit quand il se desseche. La différence entre le plus grand alongement que puisse lui donner l'humidité, & la plus grande contraction qu'il puisse recevoir de la sécheresse

Extension du cheveu par l'humidité.

A

eſt, dans un cheveu convenablement leſſivé & chargé d'un poids de trois grains, de 24 ou 25 milliemes de ſa longueur totale; ce qui revient à trois lignes & demie ou trois lignes deux tiers par pied. Les variations du cheveu crud ne vont qu'au quart ou même à la cinquieme partie de cette quantité: mais dans l'un & dans l'autre elles ſont trop petites pour que l'on puiſſe ſe contenter de les obſerver immédiatement, à moins que l'on ne nouât bout à bout un grand nombre de cheveux pour obtenir une longueur de pluſieurs pieds; mais il y auroit divers inconvéniens à cette conſtruction, qui d'ailleurs ne donneroit pas un inſtrument portatif & commode. J'ai donc cherché les moyens de rendre cette variation ſenſible, ſans rendre l'inſtrument volumineux & embarraſſant.

Moyen de rendre cette extenſion plus ſenſible.

§. 2. Le plus efficace de tous eſt d'accrocher à un point fixe un des bouts du cheveu, & d'attacher l'autre à la circonférence d'un petit cylindre ou d'un arbre, qui porte à une de ſes extrêmités une aiguille légere, qui marque ſur un cadran tous les mouvemens de l'axe. Le cheveu eſt tendu par un contre-poids de 3 à 4 grains, ſuſpendu à une ſoie très-fine, qui eſt roulée en ſens contraire autour du même cylindre.

Deſcription de l'Hygrometre à arbre.

La figure premiere de la planche premiere repréſente un Hygrometre conſtruit ſur ce principe. L'extrêmité inférieure du cheveu *a b* eſt retenue par la mâchoire de la pince à vis *b*. Cette pince repréſentée à part en B, ſe termine en une vis qui entre dans l'écroue à rondelle C, & cette écroue qui tourne ſans fin dans la piece qui le porte, ſert à faire monter ou deſcendre à volonté la pince B.

L'autre extrêmité *a* du cheveu eſt retenue par la mâchoire

inférieure de la double pince mobile *a*, représentée à part en A. Cette pince saisit par en-bas le cheveu, & par en-haut une lame d'argent très-fine & soigneusement recuite, qui se roule autour de l'arbre ou cylindre *d*, dont la figure séparée se voit en D F.

Cet arbre, qui porte l'aiguille *e e*, marquée E dans la figure séparée, est entaillé en forme de vis, & les pas de cette vis ont leur fond plat & coupé quarrément, pour recevoir la lame d'argent qui est engagée dans la pince *a*, & liée ainsi avec le cheveu. J'ai été forcé à placer là une lame d'argent, parce que, lorsque le cheveu étoit fixé immédiatement au cylindre & se rouloit autour de lui, il se frisoit & contractoit une roideur que le contre-poids ne pouvoit point surmonter; au lieu qu'une lame d'argent très-fine & bien recuite conserve toujours la même souplesse. Et il a fallu entailler l'arbre en forme de vis, pour que cette lame, en se roulant sur elle-même autour du cylindre, n'augmentât pas l'épaisseur de ce cylindre, & ne prît jamais une situation trop oblique & variable. Cette lame est fixée à l'arbre par une petite goupille F.

L'autre extrêmité de l'arbre D a la forme d'une poulie plate dans le fond, pour recevoir une soie fine & souple à laquelle est suspendu le contre-poids marqué *g* dans la grande figure, & G dans la figure détachée. Ce contre-poids, destiné à tendre le cheveu, agit dans une direction contraire à celle du cheveu & de la pince mobile à laquelle est fixé ce cheveu. Si donc on veut que le cheveu soit chargé d'un poids de quatre grains, il faut que le contre-poids pese quatre grains de plus que la pince.

Ce même arbre passe d'un côté par le centre du cadran, &

roule là dans un très-petit trou ſur un pivot bien cylindrique & bien poli. L'autre extrêmité a auſſi un pivot ſemblable, qui eſt reçu dans un trou pratiqué au bout du bras *h* de la double équerre *h i*, H I. Cette double équerre eſt fixée par derriere au cadran, par le moyen de la vis I.

Le cadran *k e e k*, diviſé en trois cents ſoixante degrés, eſt porté par deux oreilles *l l*; celles-ci ſont ſoudées à deux canons, qui embraſſent les colonnes cylindriques *m m*, *m m*; les vis de preſſion *n*, *n*, traverſent ces canons & ſervent à fixer le cadran & l'arbre qui lui eſt adhérent, à la hauteur que l'on ſouhaite.

Ces deux colonnes qui portent le cadran, ſont fermement liées avec la baſe de l'Hygrometre, qui repoſe ſur les quatre vis *o*, *o*, *o*, *o*, à l'aide deſquelles on peut le caler & le placer dans une ſituation verticale.

La colonne quarrée *p p* qui repoſe ſur la traverſe poſtérieure de la baſe de l'Hygrometre, porte une boîte *q*, à laquelle tient une eſpece de porte-crayon *z*, dont le vuide a pour diametre l'épaiſſeur du contre-poids cylindrique *g*. Lorſqu'on veut tranſporter l'Hygrometre d'un lieu dans un autre, & que l'on craint le dérangement que pourroient occaſionner les oſcillations du contre-poids, on ſouleve la boîte *q* & ſon porte-crayon *r*, de maniere que le contre-poids entre dans le vuide de celui-ci; on le fixe là par le moyen de la vis de preſſion *s*, & la boîte même ſe fixe par une autre vis *t*. Quand on veut mettre l'Hygrometre en expérience, on dégage le contre-poids, & on abaiſſe la boîte comme elle eſt dans la figure.

Enfin, on voit au haut de l'instrument une piece de métal recourbée *x*, *y*, *z*, qui lie entr'elles les trois colonnes que je viens de décrire. Cette piece est percée en *y* d'une ouverture quarrée, qui sert à accrocher l'Hygrometre lorsqu'on veut le suspendre.

§. 3. Les variations de cet Hygrometre sont, toutes choses d'ailleurs égales, d'autant plus grandes que l'arbre autour duquel s'enveloppe la lame d'argent qui tient au cheveu, a un plus petit diametre, & que l'instrument, par sa hauteur, est capable de recevoir un cheveu plus long. J'en ai de quatorze pouces de haut, mais un pied suffit, & c'est la grandeur de celui qui a servi de modele à la figure premiere. Quant à son arbre, il a trois quarts de ligne de diametre dans le fond des entailles sur lesquelles se roule la lame. Ses variations, lorsqu'on lui adapte un cheveu convenablement préparé, sont de plus d'une circonférence entiere; l'aiguille décrit environ quatre cents degrés en allant de la sécheresse extrême à l'humidité extrême.

Étendue des variations de l'Hygrometre à arbre.

Mais cet Hygrometre a l'inconvénient de ne pas revenir bien exactement au même point lorsqu'on l'agite un peu fortement, ou qu'on le transporte d'un lieu dans un autre, parce que le poids de trois grains qui tient la lame d'argent tendue, ne peut pas la ployer assez exactement pour la forcer à se coller toujours avec la même précision contre l'arbre autour duquel elle se roule. Or, on ne peut pas augmenter sensiblement ce poids sans des inconvéniens plus grands encore.

Cet instrument est donc très-bon pour demeurer sédentaire dans un observatoire; il peut aussi servir à diverses expériences hygrométriques, puisque l'on peut substituer au cheveu tous les

corps que l'on veut éprouver, en les tenant tendus par des contre-poids plus ou moins forts, ſuivant que leur nature l'exige (1); mais il ne convient pas pour être tranſporté, ni même pour des expériences qui l'expoſent à de fortes ſecouſſes.

Deſcription de l'Hygrometre portatif.

§. 4. Pour le remplacer dans les cas où il ne peut pas ſervir, j'en ai fait conſtruire un autre, plus portatif, plus commode, & qui, s'il n'a pas des variations auſſi étendues, eſt en revanche très-ſolide, & ne riſque point d'être dérangé par l'agitation & le tranſport.

La figure II de la planche premiere repréſente cet Hygrometre, que je nomme *Hygrometre portatif*, pour le diſtinguer du précédent que j'appelle *grand Hygrometre* ou *Hygrometre à arbre*.

La piece eſſentielle de cet inſtrument eſt ſon aiguille *a b c e*. On voit la coupe horiſontale de cette même aiguille & du bras qui la porte dans la figure détachée G B D E F.

Cette aiguille porte à ſon centre D un canon percé de part en part, & ſaillant en avant & en arriere. L'axe qui le traverſe & autour duquel tourne l'aiguille, eſt aminci au milieu de ſa longueur & renflé par ſes extrêmités, afin que le canon cylin-

(1) M. Deluc, à qui j'avois fait voir ces Hygrometres il y a pluſieurs années, vient d'adapter le même méchaniſme à des lames très-minces de fanon de baleine, dont il croit pouvoir faire de bons Hygrometres. Le ſeul changement de quelqu'importance qu'il ait fait à cette conſtruction, c'eſt d'employer un reſſort au lieu d'un poids pour tenir ſon ruban tendu. J'avois auſſi eu cette idée, & j'en avois même fait divers eſſais, mais les reſſorts les plus foibles étoient encore trop forts pour le cheveu; & d'ailleurs je craignois les variations que le froid, la chaleur & le tems font néceſſairement ſubir à la force des reſſorts.

drique qu'il traverse ne le touche & ne frotte que par ses extrêmités.

La partie *d e* D E de l'aiguille sert d'indice & marque sur le cadran les degrés d'humidité & de sécheresse ; la partie opposée *d b* D B sert à fixer & le cheveu & le contre-poids. Cette partie qui se termine en portion de cercle, & qui a environ une ligne d'épaisseur, est creusée sur son champ d'une double rainure verticale, qui rend cette partie semblable à un segment d'une poulie à double gorge. Ces deux rainures qui sont des portions d'un cercle de deux lignes de rayon, & dont le centre est le même que celui de l'aiguille *d*, servent à loger, l'une le cheveu, & l'autre la soie à l'extrêmité de laquelle est suspendu le contre-poids. Cette même aiguille porte verticalement au-dessus & au-dessous de son centre, deux petites pinces à vis, situées vis-à-vis des deux rainures ; celle d'en-haut *a* vis-à-vis de la rainure postérieure, sert à fixer la soie à laquelle est suspendu le contre-poids *z*, & celle d'en-bas *b*, située vis-à-vis de la rainure antérieure, sert à tenir une des extrêmités du cheveu. Chacune de ces rainures a ses parois évasées, comme on le voit dans leur coupe en B, & son fond plat, pour que le cheveu & la soie s'en dégagent avec la plus grande liberté. L'axe de l'aiguille D D traverse le bras *g f* G F, & il est fixé dans ce bras par la vis de pression *f* F. Toutes les parties de l'aiguille doivent être parfaitement en équilibre autour de son centre ; tellement que quand elle est sur son pivot sans contre-poids, elle reste indifféremment dans toutes les positions que l'on peut lui donner.

On comprend maintenant que quand le cheveu est fixé par une de ses extrêmités dans la pince *e*, & par l'autre dans la

pince *y*, ſituée au haut de l'inſtrument, & qu'il paſſe dans une des gorges de la double poulie *b*, tandis que le contre-poids dont la ſoie eſt fixée en *a*, paſſe dans l'autre gorge de la même poulie; ce contre-poids ſert à tenir le cheveu tendu, & agit toujours dans la même direction & avec la même force quelle que ſoit la ſituation de l'aiguille. Lors donc que la ſéchereſſe contracte le cheveu, il ſurmonte la force de gravité du contre-poids, & l'indice deſcend: lorſqu'au contraire l'humidité relâche ce même cheveu, il cede au contre-poids, & l'indice monte. Ce contre-poids ne doit peſer que trois grains, & ainſi il faut que l'aiguille ſoit légere & très-mobile, pour qu'une force auſſi petite la gouverne & la ramene toujours à ſon point lorſqu'elle en a été écartée.

Le cadran *h e h* eſt une portion de cercle dont le centre eſt le même que celui de l'aiguille, & qui eſt diviſée, comme je l'expliquerai, §. 34, ou en degrés du même cercle ou en centiemes de l'intervalle qui ſe trouve entre les termes de ſéchereſſe & d'humidité extrême. Le bord intérieur du cadran porte à la diſtance *h i* une eſpece de bride ſaillante *i i*, formée par un fil de laiton courbé en arc & fixé dans les points *i i*. Cette bride maintient & préſerve l'aiguille, en laiſſant à ſon jeu toute la liberté néceſſaire.

La pince à vis *y*, dans laquelle s'arrête l'extrêmité ſupérieure du cheveu, eſt portée par un bras mobile qui monte & deſcend à volonté le long du cadre K K. Ce cadre, qui eſt cylindrique par-tout ailleurs, eſt applati par derriere dans cette partie, juſqu'à ſa demi-épaiſſeur, pour que le coulant à reſſort qui porte le bras, ne faſſe pas de ſaillie pardeſſous, & que ce

bras ne puiſſe pas tourner. On l'arrête à la hauteur que l'on ſouhaite au moyen de la vis de preſſion *x*.

Mais comme il importe quelquefois de pouvoir donner des mouvemens très-petits & très-précis, afin de faire tomber l'aiguille préciſément ſur le point où on la veut, la couliſſe *l* qui porte la pince *y* à laquelle eſt fixé le cheveu, eſt conduite par la vis de rappel *m*.

Au bas de l'inſtrument eſt une grande pince *n o p q*, qui ſert à fixer l'aiguille & ſon contre-poids lorſque l'on veut tranſporter l'Hygrometre. Cette pince tourne ſur un axe *n*, terminé par une vis qui entre dans le cadre; en ſerrant cette vis, on fixe la pince dans la poſition que l'on veut lui donner. Lorſque l'on deſire d'arrêter le mouvement de l'aiguille, on donne à cette pince la poſition déſignée par les lignes ponctuées; le long bec *p* de la pince ſaiſit la double poulie *b* de l'aiguille, & le bec plus court *o* ſaiſit le contre-poids; la vis de preſſion *q* ſerre les deux becs à la fois. Il faut, en aſſujettiſſant l'aiguille, la placer de maniere que le cheveu ſoit très-lâche; afin que, ſi pendant le tranſport le cheveu venoit à ſe deſſécher, il puiſſe ſe contracter avec liberté. Lorſqu'enſuite on veut mettre l'inſtrument en expérience, on commence par relâcher la vis *n*, & l'on fait reculer la double pince avec beaucoup de précaution, en prenant bien garde de ne point tirailler le cheveu; il convient pour cela de retenir d'une main l'aiguille auprès de ſon centre, tandis que de l'autre main on dégage & la poulie & le contre-poids des pinces qui les tiennent aſſujettis. Le crochet *r* ſert à ſuſpendre un thermometre; il doit être de mercure, à boule nue, très-petite, afin d'indiquer le plus promptement poſſible les variations de l'air. Il doit encore être monté en métal, &

assujetti de maniere à ne pas faire des oscillations qui puissent venir déranger le cheveu.

Enfin, on voit en *s* une coche faite au-dessous du cadre, pour marquer le point de suspension autour duquel l'instrument est en équilibre, & se tient dans une situation verticale.

Tout l'instrument doit être de laiton : l'axe de l'aiguille & son canon donnent cependant des frottemens plus doux, si on les construit de métal de cloche ou de matiere dure (1).

Étendue de ses variations.

§. 5. L'étendue des variations de cet Hygrometre n'est guere que la quatrieme ou la cinquieme partie de celle des Hygrometres à arbre ; on pourroit l'augmenter en donnant un plus petit diametre au segment de poulie auquel est fixé le cheveu ; mais alors le cheveu, en se roulant autour d'elle, se friseroit & contracteroit une roideur qui le feroit adhérer au fond de la gorge. Je ne crois donc pas que l'on doive donner à cette poulie un rayon plus petit que deux lignes, à moins que l'on n'y adaptât une lame d'argent ou quelqu'autre méchanisme ; mais alors l'Hygrometre deviendroit trop difficile à construire, & il exigeroit trop d'attention & de soins de la part de ceux qui l'emploieroient. J'ai cherché à en faire un instrument d'un usage général, & d'un emploi facile & commode. On

(1) M. Paul, l'un des Artistes les plus distingués de notre ville, & qui est capable, non-seulement d'exécuter les instrumens les plus délicats, mais de perfectionner même les idées du Physicien qui les fait construire, a fait pour moi un grand Hygrometre à arbre & plusieurs portatifs, qui ont toute la perfection dont leur construction les rend susceptibles.

Le prix de ceux à arbre est de trois louis. Les portatifs coûtent quarante-deux livres de France avec leur étui, & quinze francs de plus si l'on souhaite qu'il y joigne un thermometre de mercure monté sur une plaque d'argent.

pourra se servir de l'Hygrometre à arbre pour les observations qui exigeroient une extrême sensibilité.

On pourroit aussi augmenter les variations de cet instrument en le faisant plus haut, parce qu'alors on pourroit lui adapter des cheveux plus longs, mais il seroit moins portatif. D'ailleurs si le cheveu est trop long, le vent, lorsqu'on observe en plein air, a trop de prise sur lui, & communique ainsi à l'aiguille des oscillations incommodes. Il ne convient donc pas de donner à l'instrument plus d'un pied de hauteur. Lorsqu'il a cette mesure & qu'on lui adapte un cheveu convenablement lessivé, ses variations, de la sécheresse à l'humidité extrême, sont de quatre-vingt & même de cent degrés, qui, vus sur un cercle de trois pouces de rayon, forment une étendue suffisante pour des observations de ce genre. J'en ai même fait construire de beaucoup plus petits pour porter habituellement dans la poche, & pour faire des expériences dans de petits récipiens; ils n'ont que sept pouces de hauteur sur deux de largeur, & cependant leurs variations sont encore très-sensibles.

CHAPITRE II.

PRÉPARATION DU CHEVEU.

Onctuosité naturelle du cheveu.

§. 6. Les cheveux ont naturellement une espece d'onctuosité, qui les préserve jusqu'à un certain point de l'action de l'humidité, ou qui du moins ralentit beaucoup cette action.

On peut l'enlever avec l'alkali caustique.

§. 7. Pour les dépouiller de cette onctuosité, & les rendre plus sensibles aux alternatives de l'humidité & de la sécheresse, j'employai d'abord du sel alkali caustique ; mais je trouvai de la difficulté à en fixer la dose : pour peu qu'il y en ait trop, ce sel dissout entiérement les cheveux ; & s'il y en a trop peu, ils ne deviennent pas assez sensibles. Ce qui augmente cette difficulté, c'est que la force de ce sel varie beaucoup, suivant qu'il a été plus ou moins bien préparé, & que l'on a été plus ou moins soigneux à le préserver du contact de l'air qui diminue sa causticité, en l'humectant & en lui rendant de l'air fixe.

Mais le sel de soude est préférable.

§. 8. Pour détourner ces sources d'incertitudes, j'ai eu recours au sel de soude crystallisé, qui, sous cette forme, contient constamment la même quantité d'eau & d'air fixe, & j'ai trouvé, après bien des tâtonnemens, que si l'on prend de l'eau pure & qu'on y ajoute six grains de ce sel par once, cette lessive a un degré de force tel, qu'en vingt-cinq ou trente minutes d'ébullition, elle donne aux cheveux toute la mobilité que l'on peut souhaiter.

Choix des cheveux.

§. 9. Les cheveux destinés à former des Hygrometres doivent être fins, doux, non crêpés, la couleur est indifférente ; il

m'a cependant paru qu'en général les blonds réussissent mieux que les noirs ; mais ce qui est essentiel, c'est qu'ils aient été coupés sur une tête vivante & saine ; car ceux qui tombent d'eux-mêmes, ou que l'on coupe après de longues maladies, tels que la plupart de ceux que les perruquiers achetent dans les hôpitaux, sont sujets à un vice dont je parlerai dans le chapitre suivant. Il est inutile que les cheveux aient plus d'un pied de longueur ; il est même rare qu'on en emploie d'aussi longs.

Détails de l'opération.

§. 10. Il ne convient pas de lessiver à la fois un volume de cheveux qui surpasse l'épaisseur d'une plume à écrire. Pour les assujettir, pour que l'agitation de l'eau ne les mêle pas, & qu'ils soient également exposés à l'action de la lessive, je prends une bande de toile fine, large d'environ quinze lignes, & un peu plus longue que les cheveux ; je les couds dans cette toile comme dans un sac, sans les serrer & sans que la toile fasse plus d'une révolution autour d'eux (1). Je plonge ces cheveux ainsi renfermés dans un matras à long col, qui peut contenir quarante ou cinquante onces d'eau ; je le choisis à long col, afin que l'ébullition ne produise pas une trop grande évaporation & ne concentre pas sensiblement la liqueur. Je mets dans ce matras trente onces d'eau, dans laquelle je fais dissoudre cent quatre-vingts grains ou sept deniers & demi de sel de soude crystallisé. Alors je fais chauffer ce matras jusqu'à l'ébullition de la liqueur ; je soutiens cette ébullition doucement &

(1) Je me contentois d'abord de lier les cheveux, sans les renfermer ainsi dans un sac, mais alors leurs extrémités qui flottoient librement dans la lessive, & ceux qui se séparoient des autres en tout ou en partie, se trouvant entourés de tous côtés par cette lessive & exposés immédiatement à son action, étoient toujours trop lessivés, & souvent le même cheveu qui l'étoit trop dans une place, l'étoit trop peu dans une autre.

uniformément pendant trente minutes, au bout desquelles je retire le sac & les cheveux qu'il renferme, & je les lave soigneusement en les faisant bouillir à deux reprises pendant quelques minutes dans de l'eau pure. Je découds ensuite la toile, & après en avoir retiré les cheveux, je les agite en divers sens dans un grand vase rempli d'eau froide & claire pour achever de les laver & pour les détacher les uns des autres. Enfin, je les suspends & les laisse sécher à l'air.

Caracteres des cheveux lessivés à propos.

§. 11. Ce n'est que quand ils sont secs que l'on peut juger de la réussite de cette opération. Ils doivent paroître nets, doux, brillans, transparens, bien détachés les uns des autres. S'ils étoient rudes, crêpés, ternes, opaques, collés ensemble, ce seroit une preuve certaine que l'on a employé trop de sel en les lessivant. Il faut bien se garder de construire des Hygrometres avec des cheveux qui aient ces caracteres. Leurs variations sont à la vérité très-grandes; mais ils s'alongent trop & d'une maniere irréguliere, sur-tout lorsqu'ils approchent du terme de l'humidité extrême; leur état est presque celui d'une gelée qui perd tout son ressort dans un air humide. Il vaut mieux un peu moins de sensibilité & un peu plus de solidité & de force.

Il est rare que l'action de la lessive ait été la même sur tous les cheveux que l'on a préparés en même tems: on reconnoît à leur plus grande transparence ceux qui en ont été le moins affectés. Si donc le premier qu'on essaie se trouvoit trop extensible, il faudroit en chercher un de la même cuite qui fût plus transparent, *& vice-versâ*.

CHAPITRE III.

DÉTERMINATION DU TERME DE L'HUMIDITÉ EXTRÊME.

§. 12. Au moment où je commençai à m'occuper de l'Hygrometrie, je vis que, pour obtenir le terme de l'humidité extrême, il falloit plonger l'Hygrometre, non pas dans l'eau, dont l'action peut être sur certains corps, fort différente de celle des vapeurs; mais dans un air complétement saturé d'eau, & par cela même aussi humide qu'il peut l'être. Le moyen le plus simple me parut être de mouiller exactement toute la surface intérieure d'une cloche de verre ou d'un récipient, & de poser cette cloche sur un plat rempli d'eau. Il est clair qu'un Hygrometre suspendu dans ce récipient se trouve placé dans un air entouré d'eau de toutes parts; que cet air doit se saturer de cette eau, & produire sur cet Hygrometre l'effet de la plus grande humidité possible.

Moyen d'obtenir cette humidité.

§. 13. Mais quand l'Hygrometre demeure long-tems sous cette cloche, il arrive quelquefois, sur-tout lorsque l'air du lieu dans lequel on opere vient à se réchauffer, que les parois intérieures de la cloche se dessechent, du moins en partie, qu'alors l'Hygrometre n'indique plus l'humidité la plus grande possible, & qu'il peut même s'en écarter de trois ou quatre degrés. Il faut donc de tems en tems lever la cloche, l'humecter intérieurement avec une éponge, & la replacer bien vîte sur l'Hygrometre; il marche de quelques degrés vers la sécheresse pendant cette opération, avec quelque diligence qu'on l'exécute, la fît-on même, comme cela est possible, en dix secondes; mais au bout de trois ou quatre minutes il retourne à son terme d'hu-

Moyen de la conserver.

midité extrême. Quelquefois auſſi, pour éviter ce deſſéchement momentané, j'humecte les parois intérieures de la cloche en paſſant pardeſſous ſes bords & ſans les dégager de l'eau dans laquelle ils trempent, la pointe recourbée d'une ſeringue remplie d'eau, & j'arroſe ainſi toutes les parois intérieures de la cloche; mais en employant cette méthode, on court le riſque de jeter de l'eau ſur l'Hygrometre & de le déranger; ainſi je préfere ce qui eſt plus ſimple & ſans inconvénient, de lever la cloche & d'y paſſer de l'eau ou de l'humecter avec une éponge.

Effets de cette humidité ſur le cheveu.

§. 14. Le cheveu que l'on a laiſſé ſécher à l'air après l'avoir leſſivé, ſe trouve ordinairement tortueux; le poids deſtiné à le tendre ne ſauroit le redreſſer tant qu'il eſt ſec; mais dans un air ſaturé d'humidité, ce même poids, quoiqu'il ne ſoit que de trois grains, le redreſſe & l'étire autant qu'il eſt néceſſaire. A la vérité, il faut une heure ou deux de ſéjour dans cette humidité pour qu'il y prenne tout l'alongement dont il eſt ſuſceptible. Il faut donc laiſſer l'Hygrometre ſous la cloche, & y entretenir une humidité conſtante juſqu'à ce qu'il ceſſe de s'alonger.

Mais ſi au bout de cinq ou ſix heures de ſéjour dans cette humidité extrême, le cheveu ne ceſſoit point de s'alonger, ce ſeroit une preuve qu'il a été trop fortement leſſivé, & que l'action du ſel l'a dépouillé de ſon nerf & de ſa force organique; il faudroit l'ôter pour en ſubſtituer un moins cuit.

Cheveux rétrogrades.

§. 15. Si au contraire on voyoit le cheveu, après s'être alongé juſqu'à un certain point, ſe raccourcir ſenſiblement, enſorte que l'aiguille, après avoir marché vers l'humidité, rétrogradât vers la ſéchereſſe malgré l'eau & les vapeurs que l'on introduit dans la cloche, cela prouveroit que le cheveu a

été

été trop fortement tiraillé, soit avant, soit après sa préparation, & il faudroit également le rejeter.

Cette rétrogradation m'étonna beaucoup les premieres fois que je l'observai : je croyois toujours que l'air se desséchoit dans l'intérieur de la cloche, j'employois mille moyens différens pour humecter cet air, & plus je le rendois humide, plus le cheveu se contractoit; mais je reconnus enfin que l'on n'observe ce vice que dans les cheveux que l'on a fortement étirés, soit en les séparant les uns des autres, soit en les nouant, soit enfin en les chargeant d'un poids trop considérable.

Il y a lieu de croire que le tiraillement déchire en quelque maniere le cheveu, ou désunit du moins ses parties intégrantes; qu'ensuite, lorsqu'il est exposé à l'action de l'humidité, elle commence par produire son premier effet, qui est de le relâcher; mais que l'action continuée de cette même humidité guérit peu à peu les plaies qu'avoit faites le tiraillement, réunit les parties séparées & raccourcit le cheveu à-peu-près au point où il auroit été naturellement. Si ce raccourcissement opéré par l'humidité duroit autant que le cheveu, il pourroit également servir; mais cet effet n'est pas durable, une sécheresse long-tems continuée enleve au cheveu cette eau qui avoit réuni ses parties; celles-ci donc se séparent, & le cheveu s'alonge pour se raccourcir de nouveau s'il se trouve dans une humidité surabondante. Or, comme ces mouvemens contraires répandent de l'incertitude sur les variations hygrométriques, il faut rejeter les cheveux que l'on voit atteints de ce défaut; c'est-à-dire, ceux qui, après s'être alongés jusqu'à un certain point dans l'humidité extrême, se raccourcissent dans cette même humidité, lors même que l'on remplit de vapeurs le lieu où ils sont renfermés. Si cependant

cette contraction ne paſſe pas un degré, on peut bien ne pas y prendre garde, d'autant qu'il eſt très-rare d'en trouver qui en ſoient entiérement exempts, & que ce défaut produit des effets beaucoup moins ſenſibles en plein air que dans des vaſes fermés.

Une charge trop forte leur donne ce défaut.

§. 16. Si l'on charge le cheveu d'un poids trop grand relativement à ſa force, mais pourtant pas exceſſif; ſi, par exemple, un ſeul cheveu eſt chargé d'un poids de douze grains, le tiraillement cauſé par ce poids ne ſe manifeſte pas d'abord, l'Hygrometre conſtruit avec ce cheveu a dans les premiers tems une marche aſſez réguliere, mais au bout d'un ou deux ans, & même de quelques mois, il s'étire trop & devient ſujet à rétrograder dans l'humidité extrême.

C'est ce défaut qu'avoient mes premiers Hygrometres, & dont j'ignorois la cauſe, qui me fit déſeſpérer de pouvoir employer le cheveu à la conſtruction d'un inſtrument durable; mais depuis que j'en ai reconnu l'origine, que j'ai trouvé dans la diminution du poids le remede à ce défaut; depuis ſur-tout que j'ai vu, comme je l'ai dit dans la préface, que des cheveux conſervés pendant cinq ans dans un lieu ſec, étoient exactement auſſi bons qu'au moment où ils furent préparés, j'ai repris ce travail avec confiance.

Une autre précaution que j'ai cru devoir employer, c'eſt d'arrêter les cheveux par des pinces à vis, au lieu de les nouer comme je faiſois autrefois, parce qu'il eſt bien difficile de ſerrer un nœud fait avec un corps tel que le cheveu, ſans courir le riſque de l'étirer & de déranger ſon organiſation intérieure.

§. 17. Mais il convient de résumer en peu de mots le procédé que j'emploie pour obtenir le terme de l'humidité extrême. Résumé de l'opération.

J'ai un récipient cylindrique de quinze à seize pouces de hauteur, sur six à sept de diametre. Pour tenir les Hygrometres suspendus dans ce récipient, je prends un chandelier de verre, dans la bobeche duquel sont fixés des crochets assez élevés, pour que les Hygrometres suspendus à ces crochets ne touchent point le plat sur lequel doit reposer le chandelier, & pourtant assez bas pour que le chandelier chargé d'Hygrometres puisse entrer dans le récipient; ce support est très-commode, parce que l'on peut y suspendre quatre Hygrometres à la fois, & observer leur marche à tous en même tems.

Lorsque je veux déterminer le point d'humidité extrême d'un ou de plusieurs Hygrometres, je les accroche à ce chandelier, que je place ensuite sur un plat, dont le fond est couvert de quelques lignes d'eau; je mouille bien complétement avec une éponge tout l'intérieur de la cloche de verre, & sur-le-champ je couvre le chandelier & les Hygrometres de cette cloche, dont le bord inférieur est ainsi plongé dans l'eau.

Bientôt les cheveux commencent à s'alonger, & les Hygrometres à marcher à l'humide: je les observe au moins de quart en quart d'heure, en donnant quelques légeres secousses à l'appareil, pour favoriser le mouvement de l'aiguille, & je note à chaque fois le degré & la fraction de degré qu'elle indique dans chaque Hygrometre.

Si les cheveux ne sont pas trop fortement lessivés, au bout d'une heure, & même quelquefois d'une demi-heure, ils ont

atteint leur plus grande extenſion, & par conſéquent le terme de l'humidité extrême : alors on les voit demeurer au même point, tant que l'intérieur du récipient demeure parfaitement humide. Mais comme il ſeroit poſſible que les parois intérieures ſe fuſſent un peu deſſechées, il faut, lorſqu'on voit les Hygrometres ſtationnaires, injecter de l'eau dans le récipient, ou le lever, le mouiller intérieurement & le replacer ſur les Hygrometres avec toute la diligence poſſible. Si le cheveu s'étire toujours de plus en plus, & qu'au bout de deux ou trois heures de ſéjour dans l'air humide, il ne ceſſe point de s'alonger, il a été trop leſſivé, il faut le rejeter & en adapter un autre. Si au contraire il rétrograde de pluſieurs degrés vers la ſéchereſſe, malgré l'humidité ſoigneuſement entretenue dans l'intérieur de la cloche, il a le défaut dont j'ai parlé plus haut, §. 15, il eſt *rétrogade ;* il faut encore le rejeter : mais s'il demeure fixe, ou à-peu-près fixe autour du même point, il eſt bon, & le degré le plus élevé auquel l'aiguille ſoit allée, eſt le terme de l'humidité extrême.

Si l'on deſire un inſtrument qui mérite la plus grande confiance, il faut, après cette opération, le tirer de deſſous la cloche, lui faire ſubir pendant quelques jours diverſes alternatives d'humidité & de ſéchereſſe, & le remettre enſuite ſous la cloche remplie de vapeurs. Si alors il revient au même point, ou même s'il ne s'en écarte que d'un demi degré, on peut être aſſuré que le cheveu adapté à l'Hygrometre eſt de la meilleure qualité, & que le terme le plus haut qu'il ait atteint, indique bien la plus grande humidité que l'on puiſſe jamais obſerver.

La chaleur ne change

§. 18. Je fais toute cette opération avec de l'eau froide,

c'est-à-dire, à la température du lieu dans lequel je me trouve; & l'on ne doit pas craindre que les résultats soient différens lorsque l'air est plus ou moins chaud. Car on peut verser de l'eau chaude dans le plat qui supporte la cloche sous laquelle sont les Hygrometres, sans que les vapeurs chaudes qui s'en exhalent & qui remplissent la cloche, relâchent le cheveu plus que ne le faisoient les vapeurs de l'eau froide. Quelquefois même, au contraire, on voit les vapeurs chaudes contracter le cheveu, & faire faire à l'aiguille quelques pas vers la sechereffe. Mais cela n'arrive qu'aux cheveux viciés par le tiraillement ou par quelqu'autre cause, & qui par cela même sont sujets à rétrograder: ces vapeurs abondantes les pénetrent de toutes parts, les nourrissent, pour ainsi dire, & leur rendent pour quelque tems le nerf qu'ils ont perdu; ces mêmes cheveux qui éprouvent cet effet dans les vapeurs chaudes, l'éprouvent aussi dans les froides, si, en injectant continuellement de l'eau dans la cloche, on la tient constamment superfaturée de vapeurs. Seulement les vapeurs chaudes produisent-elles cet effet avec plus de promptitude. Mais des cheveux bien sains & lessivés à propos, ne sont nullement contractés par les vapeurs de l'eau, même bouillante, elles ne produisent pas sur eux plus d'effet que celles de la froide. Et lors même que les vapeurs, soit chaudes soit froides, produisent sur un cheveu quelque rétrogradation, je ne le rejette pas, pourvu que cette rétrogradation ne soit que d'une moitié ou des trois quarts d'un degré, l'erreur qui peut résulter de là pouvant être négligée dans un instrument de ce genre.

point le terme d'humidité.

On ne doit donc point craindre que la chaleur plus ou moins grande, soit de l'eau, soit des vapeurs, soit de l'air ambiant, produise un changement sensible sur le terme de l'humidité extrême.

Ce n'eſt pas que la chaleur ne dilate le cheveu comme elle dilate tous les corps connus. Nous déterminerons même, dans le chapitre V de cet eſſai, la quantité de cette dilatation, & nous verrons que, bien qu'elle ſoit aſſez petite pour que l'on puiſſe la négliger ſans riſque, on peut cependant en tenir compte ſi l'on veut employer une exactitude très-ſcrupuleuſe.

Mais quant aux vapeurs, elles ne pénetrent, ou du moins elles n'alongent pas plus le cheveu lorſqu'elles ſont chaudes que lorſqu'elles ſont froides, & c'eſt-là une propriété du cheveu bien remarquable, & qui le rend bien précieux pour l'Hygrometrie.

CHAPITRE IV.

DÉTERMINATION DU TERME DE SÉCHERESSE EXTRÊME.

§. 19. Il ne suffit pas d'avoir trouvé un point fixe d'humidité, il en faut un de sécheresse. On a depuis long-tems pensé à l'obtenir par le moyen des sels qui attirent l'humidité de l'air. M. Senebier en a fait le plus heureux usage pour la graduation des Hygrometres à boyau ; j'avois même aussi employé ces sels dans le travail que je fis il y a six ans ; mais je ne m'étois pas encore pleinement satisfait, parce que je n'avois pas trouvé de critere ou d'indice sûr & infaillible auquel on pût reconnoître si le point de sécheresse que l'on avoit obtenu, étoit un terme constant & invariable.

Desséchement produit par les sels.

En effet, les alkalis caustiques, les acides concentrés, les neutres déliquescens, dessechent toujours très-fortement l'air dans lequel on les renferme ; mais j'ai cependant éprouvé, que suivant que cet air est plus ou moins sec dans le moment où l'on y introduit les sels, suivant que la quantité de ces sels est plus ou moins grande relativement au volume de l'air qu'ils doivent dessécher, & enfin suivant qu'ils ont été préparés & conservés avec plus ou moins de soins, le degré de sécheresse qu'ils produisent varie d'une maniere très-sensible. Ainsi lors même que j'avois employé les plus grandes précautions pour dessécher complétement l'air qui entouroit mon Hygrometre, il me restoit toujours quelque doute sur le succès, & sur-tout sur l'uniformité des effets de mon opération. Mes derniers travaux ont été plus heureux, j'ai trouvé pour l'Hygrometre à cheveu un caractere sûr de son desséchement parfait, ou du moins d'un

Sa quantité n'est pas toujours la même.

degré de desséchement bien déterminé, & qui est en même tems, à ce que je crois, le plus grand dont cette substance soit susceptible sans se détruire.

Caractere du desséchement extrême.

§. 20. Voici le fondement de ce critere : les belles expériences de M. Le Roi ont fait voir que l'air est un vrai dissolvant des vapeurs, & que la chaleur augmente sa force dissolvante. S'il pouvoit rester quelque doute sur cette vérité, l'Hygrometre en fourniroit la preuve. Que l'on en renferme un sous une cloche de verre seche, dans laquelle il ne se trouve ni eau, ni aucun corps d'où la chaleur puisse en faire sortir ; qu'on observe le degré auquel l'Hygrometre se fixe dans cette cloche, & qu'on l'expose ensuite aux rayons du soleil, ou à une autre cause quelconque de chaleur, on verra l'Hygrometre marcher au sec ; qu'au contraire on le porte dans un lieu froid, on le verra aller à l'humide. Cet effet a lieu tant qu'il reste dans l'air une quantité sensible d'humidité, & lors même que l'action des sels absorbans l'a desséché à un degré fort supérieur au plus haut degré de sécheresse où nous puissions jamais le voir dans l'athmosphere : mais lorsqu'enfin ces sels l'ont totalement dépouillé de l'eau qu'il tenoit en dissolution, alors l'Hygrometre renfermé dans cet air ne va plus au sec quand on le réchauffe, ni à l'humide quand on le refroidit, & même, au contraire, la chaleur agit alors sur le cheveu comme elle feroit sur un corps métallique ; elle le dilate, le froid le contracte, il cesse d'être Hygrometre, il devient pyrometre. Mais il faut voir les détails de cette observation.

Détails de l'opération.

§. 21. J'emploie toujours, pour le desséchement de l'air, le procédé que j'ai décrit dans ma lettre à M. Senebier. (*Journal de physique*, 1778, *Tome I*, *page* 43.) Je choisis un récipient de

de forme à-peu-près cylindrique, le plus petit possible relativement à l'Hygrometre qui doit y être renfermé; je fais ensuite courber une feuille de tole en forme d'un demi cylindre, dont les dimensions soient telles, qu'il puisse entrer dans le récipient, & qu'il occupe toute sa hauteur & la moitié de sa largeur. Je place cette tole sur des charbons ardens, je l'échauffe jusqu'à ce qu'elle commence à rougir, je l'asperge alors de tous côtés, tant dans sa concavité que sur sa convexité, d'une poudre composée de parties égales de nitre & de tartre crud; je fais ensorte qu'après la détonation, l'alkali fixe, qui en est le résultat, couvre toute la surface de la tole, & soit également répandu sur elle; je calcine ce sel en continuant de tenir la tole à peine rouge pendant le premier quart d'heure, pour laisser au sel le tems de perdre sa trop grande liquidité qui le feroit couler & abandonner la tole; mais à mesure que le sel devient moins fusible, j'augmente la chaleur, & je la pousse jusqu'à ce que le fer & le sel qui le couvrent soient d'un beau rouge de cerise; j'entretiens ce degré de chaleur pendant une bonne heure; après quoi je retire la tole du feu, & je la laisse refroidir jusqu'au point de ne pas courir le risque de faire fendre le récipient dans lequel elle doit être insinuée; je la place alors encore chaude dans ce récipient, que j'ai tenu aussi chaud & parfaitement sec; j'y renferme en même tems l'Hygrometre (1) & un thermométre monté en métal, & j'empêche la communication

(1) Pour que l'aiguille ait la liberté d'aller au sec, il faut, avant cette opération, lui donner, par le moyen de la vis de rappel *m* fig. 2, une position telle, que le terme de l'humidité extrême tombe tout près du point le plus élevé du cadran; alors le cheveu, en se contractant, peut lui faire parcourir toute l'étendue de ce même cadran.

Quand on a plusieurs Hygrometres à graduer, on peut, comme en déterminant le point d'humidité extrême, les suspendre à un chandelier de verre ou de métal, & en placer ainsi trois ou quatre sous la même cloche.

avec l'air extérieur, par du mercure, ou en lutant avec de la cire molle les bords du récipient.

Au moment où l'Hygrometre eſt renfermé avec la tole alkaliſée, on le voit marcher au ſec avec une très-grande rapidité; je l'ai vu faire, dans les dix premieres minutes, vingt-quatre degrés: ce qui eſt preſque le quart de l'intervalle compris entre les deux extrêmes d'humidité & de ſéchereſſe; mais peu à peu ſa marche ſe ralentit, & ſur la fin il fait à peine un quart de degré en vingt-quatre heures. Je laiſſe cet appareil ſans y toucher, juſqu'à ce que l'aiguille ſoit demeurée au moins douze heures ſans faire aucune variation; ſeulement ai-je ſoin de donner de tems à autre de légeres ſecouſſes à l'appareil, pour faciliter le mouvement de l'aiguille & lui aider à ſurmonter les frottemens & la roideur du cheveu. Si la tole a été bien garnie & l'alkali bien préparé, l'Hygrometre ſe fixe au bout de deux ou trois fois vingt-quatre heures.

Alors, comme il ſeroit poſſible que cette fixité vînt de ce qu'il ſe ſeroit établi un équilibre entre la force attractive du ſel & la force diſſolvante de l'air, ſans que pourtant celui-ci fût dépouillé de toute ſon humidité, pour écarter ce doute, je place l'appareil au ſoleil ou devant le feu; dans ce dernier cas, je le mets à une diſtance telle qu'il ne riſque pas d'éclater, & que pourtant il puiſſe s'échauffer juſqu'à quarante ou cinquante degrés: & pour qu'il s'échauffe également de tous côtés, j'ai ſoin de le tourner réguliérement, en lui faiſant faire un quart de tour de deux en deux ou de trois en trois minutes, enſorte que toutes les dix minutes l'appareil faſſe un tour entier ſur lui-même. (1)

(1) Au reſte, la régularité de ces révolutions n'eſt néceſſaire que quand on veut obſerver avec beaucoup d'exactitude les effets de la chaleur ſur le

Ordinairement le premier coup de chaleur, fur-tout fi elle eft vive & brufque, alonge le cheveu & fait marcher l'aiguillle du côté de l'humidité, d'un quart & même d'une moitié de degré, lors même que l'air n'eft pas encore parfaitement deffféché; fans doute parce qu'il faut moins de tems pour que la chaleur pénetre & dilate un corps auffi mince qu'un cheveu, qu'il n'en faut pour qu'elle réduife en vapeurs l'humidité qu'il contient encore, & pour que l'air ambiant puiffe abforber ces vapeurs. Si donc il refte de l'humidité, foit dans le cheveu, foit dans l'air, fi l'un ou l'autre eft éloigné, ne fût-ce que de trois ou quatre degrés du point de defféchement extrême, on verra la même chaleur, foutenue pendant deux ou trois heures, faire rebrouffer chemin à l'aiguille, & la faire marcher vers la féchereffe.

Si au contraire le cheveu & l'air qui l'entoure font parfaitement fecs, on verra le cheveu s'alonger conftamment & même proportionnellement à l'intenfité de la chaleur qu'on lui applique; & fi on tranfporte l'appareil dans un lieu froid, on verra le cheveu fe contracter avec la même régularité. Cependant, comme un cheveu ifolé fe réchauffe & fe refroidit incomparablement plus vite que le thermometre même le plus fenfible, fes dilatations & fes contractions devancent toujours de beaucoup celles du thermometre.

Mais ce qu'il faut fur-tout foigneufement obferver, c'eft que quand le cheveu eft parfaitement defféché, fi, après l'avoir fortement échauffé, on le fait paffer à une température moyenne, il retourne toujours précifément au même degré; au lieu que s'il lui refte encore de l'humidité, cette même température le

cheveu; car fi l'on n'a d'autre but que de graduer l'Hygrometre, il n'y a aucun inconvénient à ce que l'un des côtés de l'appareil s'échauffe plus que l'autre.

ramene à des degrés de fécheresse continuellement plus grands. Je reviendrai à ce fait dans le §. 30.

Contraction du cheveu par un très - grand froid.

§. 22. Il m'a paru intéressant de savoir si cette contraction pyrométrique du cheveu, s'observeroit encore dans des degrés de froid qui passeroient le terme de la congelation. J'ai placé tout l'appareil, c'est-à-dire, l'Hygrometre renfermé dans sa cloche avec sa tole alkalisée, son thermometre & son air parfaitement desséché; j'ai placé, dis-je, tout cet appareil sous une grande cloche de verre, & j'ai couvert & entouré cette cloche d'un mélange de glace & de sel marin. Lorsque le froid a eu bien pénétré tous ces corps, j'ai retiré l'appareil de dessous la cloche, & j'ai trouvé que le mercure dans le thermometre s'étoit condensé jusqu'au douzieme degré au-dessous de la glace fondante, tandis que le cheveu, en se contractant aussi, avoit fait marcher l'aiguille d'un demi degré vers la sécheresse. Lorsque l'appareil se fut rechauffé & fut revenu à la température qu'il avoit avant d'être plongé dans la glace, c'est-à-dire, à dix degrés au-dessus de la congelation, le cheveu se dilatant aussi, ramena l'aiguille exactement au point où elle avoit été.

Signes d'une opération manquée.

§. 23. L'ALONGEMENT du cheveu par la chaleur est donc le critere du desséchement parfait : ainsi le degré qu'indique l'aiguille dans cet état du cheveu & à une température qui approche du tempéré, est, dans mes Hygrometres, le terme de la sécheresse extrême.

QUAND on a suivi avec soin le procédé que je viens de décrire, on obtient infailliblement & ce terme & son critere. Mais lorsque l'on a commis quelque négligence, on voit le cheveu renfermé avec la tole alkalisée conserver toujours quelque ten-

dance à s'alonger par le froid & à se contracter par la chaleur. Si au bout de sept ou huit jours cette tendance ne diminue pas sensiblement, il est inutile d'attendre plus long-tems, l'opération est manquée, il faut la recommencer.

§. 24. La même tole, une fois qu'elle est bien garnie de sels, peut servir à un grand nombre d'opérations; mais il faut chaque fois la calciner de nouveau pour lui enlever l'humidité qu'elle a reprise. On peut alors lui donner une chaleur plus forte & plus brusque, parce que le sel a perdu la grande fusibilité qu'il a d'abord après sa détonation. Et si l'on veut conserver pour long-tems cette tole garnie de sels, il faut la renfermer dans une cloche de verre luttée avec de la cire; sans quoi l'alkali se détache par plaques ou se résout en liqueur. La même tole peut resservir.

§. 25. J'aurois desiré de rendre cette opération plus facile, & d'éviter aux Physiciens qui voudront construire des Hygrometres d'après ces principes, la peine de cette calcination. J'ai essayé l'huile de vitriol concentrée, & la terre foliée de tartre qui absorbent l'humidité de l'air avec une très-grande force, & même avec plus de promptitude que le sel de tartre; mais je n'ai point pu obtenir avec ces sels le degré de sécheresse extrême que j'obtiens sûrement avec le sel de tartre calciné; & les Hygrometres gradués avec le sel de tartre, lorsqu'on les expose à l'action de ces sels restent toujours de trois ou quatre degrés en-deçà du terme de la sécheresse extrême. D'autres moyens ne donnent pas le même degré de sécheresse.

Au reste, cette opération n'a rien de bien embarrassant, il n'est besoin d'aucun fourneau; on peut la faire avec du charbon sur l'âtre d'une cheminée ordinaire; & quand une fois on a un Hygrometre gradué directement par cette méthode, il peut servir comme je le ferai voir dans le chapitre VI, à en graduer d'autres par comparaison.

CHAPITRE V.

DES VARIATIONS PYROMÉTRIQUES DU CHEVEU.

On peut les apprécier dans un air complétement desséché.

§. 26. Le procédé que je viens de décrire nous fournit donc un des extrêmes des variations de l'Hygrometre ; mais il a encore un autre avantage, c'est qu'il nous met en état de connoître & de mesurer même les effets de la chaleur sur le cheveu ; effets que l'on ne peut point déterminer lorsqu'il n'est pas entiérement desséché. Car tant que le cheveu, ou tout autre corps de ce genre, contient de l'humidité, la chaleur produit sur lui tout à la fois deux effets contraires, les particules du feu s'insinuent entre ses parties élémentaires, les écartent & dilatent le cheveu, pour ainsi dire, *pyrométriquement* ; mais dans le même tems la chaleur volatilise & entraîne hors de lui des particules d'eau, qui laissant vuides les places qu'elles occupoient, lui permettent de se contracter *hygrométriquement*. Or, les effets de ces deux causes, qui se croisent & se modifient mutuellement, ne peuvent point être appréciés, à moins qu'on ne les sépare pour les observer indépendamment l'un de l'autre. Et c'est ce que l'on peut faire, lorsque le cheveu est complétement desséché, parce qu'alors la chaleur ne produit plus sur lui de contraction hygrométrique.

Mesure de ces variations.

§. 27. Ainsi, puisque dans l'expérience que j'ai rapportée à la fin du chapitre précédent, un cheveu parfaitement desséché, en passant d'une température de dix degrés au-dessus de la congelation à un froid de douze degrés au-dessous de ce même terme, s'est contracté de maniere à faire décrire un demi degré de cercle à l'aiguille qui lui est attachée, il suit de-là qu'un degré

de chaleur, mesuré par le thermometre de mercure, dilate le cheveu d'une quantité qui fait parcourir à l'aiguille la quarante-quatrieme partie d'un degré, ou, ce qui revient au même, ce degré de chaleur dilate le cheveu d'environ dix-neuf millioniemes de sa longueur totale.

Le calcul en est facile. Le cheveu s'enveloppe autour d'une portion de poulie à laquelle est fixée l'aiguille de l'Hygrometre: le centre de la poulie est le même que celui de l'aiguille, ensorte que l'aiguille & la poulie décrivent toujours des arcs de cercle semblables. Donc, pour que l'aiguille se meuve d'un degré, il faut que la poulie se meuve aussi d'un degré, & que par conséquent le cheveu s'alonge ou se raccourcisse de la longueur d'un degré de cette poulie. Or, la poulie de l'Hygrometre que j'employai à ces expériences, avoit trois lignes de rayon; donc son degré valoit 0,05236 de ligne; donc le demi degré qu'a décrit l'aiguille dans notre expérience, prouve que le cheveu s'est alongé de la moitié de cette quantité, c'est-à-dire, de 0,02618 de ligne. La longueur de ce cheveu étoit de soixante-trois lignes & demie; il s'est donc alongé d'une deux mille quatre cents vingt-quatrieme, ou de quatre cents douze millioniemes de sa longueur: cet alongement a été l'effet de vingt-deux degrés de chaleur; d'où il suit que si les dilatations pyrométriques du cheveu sont toujours proportionnelles aux différens degrés de chaleur qu'il éprouve, un cheveu pareil à celui-là, & monté de la même maniere, se dilateroit d'environ dix-neuf millioniemes de sa longueur totale pour chaque degré du thermometre dans lequel l'intervalle entre l'eau dans la glace & l'eau bouillante est divisé en quatre-vingts parties.

§. 28. Mais ce qu'il y a de plus intéressant à déduire de ces Leur rapport avec les

variations hygrométriques.

calculs, c'eſt la détermination préciſe de la correction qu'il faut employer pour la chaleur. Un cheveu leſſivé à propos, en paſſant de la ſéchereſſe extrême à l'humidité extrême, s'alonge de 0,0245 de ſa longueur totale. Or, comme je diviſe cet alongement en cent parties qui forment les degrés de l'échelle hygrométrique, un degré de l'Hygrometre indique une variation de 0,000245 de la longueur totale du cheveu. Donc, puiſqu'un degré de chaleur alonge ce même cheveu de 0,000019 de ſa longueur, l'effet de ce degré de chaleur, exprimé en degrés de l'échelle hygrométrique, eſt égal à $\frac{19}{245}$, environ à $\frac{1}{13}$, (1)

(1) Pour donner à ces calculs toute l'exactitude dont ils ſont ſuſceptibles, il faudroit tenir compte de la dilatation du métal ou de la matiere quelconque qui forme le cadre de l'Hygrometre, puiſque les variations du cheveu ſont néceſſairement modifiées par celles du cadre qui le porte. Si le cheveu n'étoit ni alongé ni raccourci par la chaleur, & que le cadre ſeul fût affecté par cet agent, il eſt clair que ce cadre, en ſe dilatant, tireroit le cheveu & feroit marcher l'aiguille du côté de la ſéchereſſe; ſi au contraire & le cadre & le cheveu étoient dilatés par la chaleur préciſément de la même quantité, l'action exercée ſur le cheveu compenſeroit exactement celle qui ſeroit exercée ſur le cadre; & par conſéquent on n'obſerveroit dans l'Hygrometre aucune variation pyrométrique. Si enfin, & c'eſt ce qui arrive en effet, le cheveu étoit affecté par la chaleur, plus que le cadre qui le porte, il paroîtroit s'alonger par la chaleur & ſe raccourcir par le froid; & ſon alongement vrai ſeroit la ſomme de ſon alongement apparent, & de celui qu'éprouveroit la partie correſpondante de ſa monture. Si l'on veut donc connoître la quantité dont un cheveu eſt réellement alongé par un degré de chaleur, il faut ajouter aux dix-neuf millioniemes de ſa longueur dont ce degré le dilate, la quantité dont le cadre ſur lequel il eſt monté s'alonge par cette même chaleur. M. Herbert, qui paroît avoir fait ſur la dilatation des métaux les expériences les plus exactes, ſuppoſe dans ſa diſſertation ſur le feu, p. 14 & 15, que de la glace fondante à l'eau bouillante l'étain ſe dilate d'une quatre cents ſoixante dix-ſeptieme de ſa longueur; ce qui donne environ vingt-ſix millioniemes pour un degré du thermometre. Il ſuit de-là que la dilatation réelle du cheveu pour un degré de thermometre eſt de 19 + 26, ou du quarante-cinq millioniemes de ſa longueur.

Une conſéquence pratique qui découle de ces conſidérations, c'eſt que les variations pyrométriques apparentes du cheveu, étant proportionnelles à l'excès de ſes variations réelles ſur celles de ſa monture, plus cette monture ſera affectée par les variations du froid & du chaud, & moins le cheveu paroîtra affecté par ces variations, ſi, par exemple, comme nous l'avons vu plus haut, il faut treize degrés de chaleur pour dilater

c'eſt-

c'est-à-dire, qu'un degré de chaleur alonge le cheveu d'une quantité qui équivaut à-peu-près à la treizieme partie d'un degré de l'échelle hygrométrique, quantité que l'on peut négliger dans les observations courantes, & dont on pourroit aisément tenir compte dans des observations délicates & importantes, si du moins il est permis de supposer que la chaleur dilate toujours le cheveu suivant la même loi, dans les divers degrés d'humidité dont il est susceptible. Mais je considérerai de nouveau les effets de la chaleur sur l'Hygrometre dans le chapitre V du II[d] essai, & je donnerai là une table qui dispensera pour l'ordinaire de l'usage de ces corrections.

La même épreuve, répétée à d'autres degrés de chaleur, a donné à-peu-près les mêmes résultats. Une fois, par exemple, le même Hygrometre, en passant de trois degrés au-dessus de zéro à trente-six au-dessus du même terme, varia des trois quarts d'un degré du cercle que décrit l'aiguille, ce qui revient à un degré de cercle pour quarante-cinq de chaleur, & dans l'expérience qui a servi de base à nos calculs, quarante-quatre degrés avoient produit le même effet.

le cheveu d'un degré de l'échelle hygrométrique, lorsque l'Hygrometre est monté sur de l'étain, il ne faudra que dix degrés un tiers de chaleur pour le dilater de la même quantité lorsqu'il sera monté sur du laiton, parce que la dilatation du laiton par un degré de chaleur n'est que de vingt-deux millioniemes. De même il ne faudra que huit degrés de chaleur pour alonger le cheveu d'un degré lorsqu'il sera monté sur du fer, & enfin il n'en faudroit que sept s'il étoit monté sur du verre. L'étain seroit donc le métal le plus convenable pour servir de monture à un instrument de ce genre; mais comme il est trop flexible, j'ai conseillé l'usage du laiton, qui réunit toute la solidité nécessaire à une dilatabilité assez grande pour que dix degrés un tiers de chaleur ne produisent qu'un degré d'écart sur l'Hygrometre. J'ai répété les expériences qui servent de base à ces calculs avec des Hygrometres montés, les uns en fer & les autres en laiton, & j'ai trouvé les mêmes résultats avec une précision que je n'aurois pas osé espérer dans un sujet de ce genre.

Gradations dans l'étendue de ces variations.

§. 29. Mais il faut bien obſerver que les variations pyrométriques du cheveu n'atteignent la plus grande étendue dont elles ſoient ſuſceptibles, que lorſque le cheveu & l'air qui l'entoure ſont parfaitement deſſéchés. Car tous ces changemens ſe font par gradations. Lorſque le deſſéchement eſt encore éloigné d'être parfait, la chaleur contracte le cheveu; ſi la ſécheresse augmente, le cheveu devient de moins en moins ſuſceptible d'être contracté par la chaleur; & il arrive ainſi peu à peu au terme où la chaleur ne le contracte plus. Ce degré eſt environ le cinquieme de mon échelle. Là l'Hygrometre demeure pendant quelque tems ſtationnaire, & ne fait aucune variation lors même que la chaleur augmente ſenſiblement, parce qu'il reſte alors préciſément aſſez d'humidité pour que la contraction que cauſe la chaleur en deſſéchant le cheveu, compenſe exactement la dilatation produite par cette même chaleur, ou en d'autres termes, parce que le volume des particules de feu qui entrent alors dans le cheveu, eſt égal à celui des particules d'eau qui en ſortent. Enfin, lorſque l'humidité eſt encore plus diminuée, la dilatation pyrométrique commence à l'emporter ſur la contraction hygrométrique, & cette dilatation s'accroît juſqu'à ce que le cheveu & l'air dans lequel il eſt renfermé, ſoient parvenus au plus haut point de ſéchereſſe où notre procédé puiſſe les conduire. (1)

(1) Quand je dis que l'Hygrometre, lorſqu'il eſt deſſéché juſqu'au cinquieme degré, ne fait pendant quelque tems aucune variation par la chaleur, il faut ſe rappeller ce que j'ai dit & expliqué dans le §. 21, que quand il approche du terme de la ſéchereſſe extrême, le premier effet de la chaleur eſt toujours de l'alonger. Lors donc qu'il eſt environ à cinq degrés, & qu'on lui applique ſubitement quinze ou vingt degrés de chaleur, il s'alonge d'abord de près de trois quarts de degré, puis, ſi la chaleur ſe ſoutient ſans relâche, il retourne peu à peu au point d'où il eſt parti, & y demeure ſtationnaire pendant une heure ou deux; après quoi il commence de nouveau à marcher au ſec, comme je viens de le dire.

§. 30. Mais on obſervera peut-être que toutes ces nuances doivent rendre incertain le ſigne que j'ai indiqué pour reconnoître le point de la ſéchereſſe extrême, puiſqu'il en réſulte que le cheveu peut être dilaté par la chaleur, ſans être pourtant parvenu au terme d'un deſſéchement parfait. Réponſe à une objection.

Je répondrai à cette difficulté, que l'erreur qui peut réſulter de là, n'excédera jamais un ou deux degrés au plus, & que, comme le terme du deſſéchement que j'obtiens par mon procédé va fort au-delà du plus haut degré de ſéchereſſe que l'on obſerve jamais à l'air libre, cette erreur n'a que peu d'influence ſur les obſervations météorologiques auxquelles l'Hygrometre eſt principalement deſtiné. D'ailleurs ſi l'on eſt curieux d'une exactitude extrême, on peut toujours éviter cette erreur, en examinant ſi la dilatation pyrométrique du cheveu a bien atteint ſon *maximum*, tel que je l'ai déſigné §. 21. Mais un moyen plus ſûr encore, eſt de faire ſubir à l'Hygrometre renfermé avec les ſels, pluſieurs alternatives de chaud & de froid, & d'obſerver ſi en revenant à une température moyenne il retourne toujours exactement au même point. Car s'il reſte encore de l'humidité dans le cheveu, la chaleur la volatiliſe & ſur-le-champ les ſels s'en emparent pour ne la rendre jamais, ſi du moins ils ſont bien préparés; & ainſi l'Hygrometre, en ſe refroidiſſant, ſe trouve plus au ſec qu'il n'étoit avant qu'on l'eût réchauffé. Ces alternatives de chaud & de froid ſervent donc en même tems & à connoître ſi l'Hygrometre eſt bien parvenu au terme de la ſéchereſſe extrême, & à le conduire à cet extrême lorſqu'il ne l'a pas encore atteint.

§. 31. Au reſte, lorſque j'emploie les expreſſions de *ſéchereſſe extrême*, ou de *deſſéchement parfait*, je ne prétends point que Ce qu'il faut enten-

dre par féchereſſe extrême.

l'air ſoit abſolumeut dépouillé de toute l'eau qu'il peut contenir ; car indépendamment de celle qui conſtitue vraiſemblablement un de ſes élémens, il pourroit en reſter encore quelque portion, tellement unie avec lui, que les ſels abſorbans n'auroient point la force de la lui enlever ; & je ferai même voir dans la théorie que je donnerai de l'Hygrometrie, qu'un abſorbant, quelle que ſoit ſa puiſſance, ne peut jamais dépouiller un corps de toute ſon humidité. J'emploie donc ces expreſſions pour déſigner la ſéchereſſe la plus grande que l'on puiſſe produire par le moyen des ſels, & celle que j'ai obtenue par leur moyen eſt effectivement la plus grande que l'on ait produite, ou du moins obſervée jusqu'à ce jour.

Les mêmes recherches tentées dans l'humidité extrême.

§. 32. Ces recherches ſur le deſſéchement m'ayant acheminé, comme on vient de le voir, à des expériences ſur les variations pyrométriques du cheveu, dans un état de féchereſſe parfaite, j'aurois deſiré de répéter ces mêmes expériences ſur le cheveu parfaitement ſaturé d'humidité ; mais j'ai rencontré de très-grandes difficultés. Il faudroit pour cela tenir l'Hygrometre dans un vaſe rempli de vapeurs, & l'expoſer alors ſucceſſivement à l'action de la chaleur & à celle du froid. Or, premiérement, en réchauffant ce vaſe, il eſt très-difficile, pour ne pas dire impoſſible, de le tenir conſtamment ſaturé de vapeurs, & pour peu qu'il s'écarte de la ſaturation parfaite, la chaleur fait ſur-le-champ marcher l'Hygrometre vers la ſéchereſſe, & trouble ainſi l'expérience ; enſuite, ſi on laiſſe refroidir ce même vaſe, l'inſtrument ſe couvre d'une abondante roſée qui gêne les mouvemens de l'aiguille, & rend même ſes indications infideles à cauſe du poids dont elle la charge.

J'ai bien eſſayé de tenter ces mêmes épreuves, en plongeant

le cheveu dans de l'eau à laquelle je faisois subir différentes températures. Cette opération se fait très-commodément avec un de mes grands Hygrometres à arbre. (*Pl. I*, *fig.* 1.) Il n'y a qu'à prolonger jusqu'au-dessous du cadran la lame d'argent qui se roule autour de l'arbre, & alors on peut plonger le pied de l'instrument & tout le cheveu dans l'eau, sans mouiller ni l'arbre ni le cadran. Mais j'ai rencontré ici un nouvel obstacle; l'eau qui entoure, mouille & pénetre le cheveu, fait, pour ainsi dire, corps avec lui, & par sa viscosité elle le retient & gêne ses mouvemens, de maniere que l'aiguille de l'Hygrometre demeure indifférente & se fixe où on la place, dans une latitude de dix ou douze degrés de cet Hygrometre, qui répondent à un & demi ou deux degrés de l'Hygrometre à poulie, & par conséquent on ne peut répondre de la précision de ces expériences que dans cette latitude.

Il paroît naturel de penser que le cheveu saturé d'eau doit subir des variations pyrométriques à-peu-près aussi grandes que celles qu'il éprouve lorsqu'il est complétement dépouillé d'humidité Cependant je puis assurer ce que j'ai déjà affirmé §. 18, que la plus ou moins grande chaleur du vase dans lequel on fixe le terme d'humidité extrême d'un Hygrometre à cheveu, ne change point sensiblement la place de ce terme.

CHAPITRE VI.

GRADUATION DE L'HYGROMETRE.

Échelle de cent degrés.

§. 33. Après avoir déterminé les termes extrêmes d'humidité & de sécheresse, il ne reste plus qu'à diviser leur intervalle en un nombre constant de parties égales, pour avoir des degrés correspondans d'humidité ou de sécheresse. J'ai adopté le nombre cent, parce que je crois que dans les divisions absolument arbitraires, il faudroit autant qu'il est possible prendre des puissances de dix, à cause de la facilité qu'elles donnent dans les calculs.

Je place le zéro au terme de la sécheresse, & le nombre cent à celui de l'humidité extrême. Lors donc que l'aiguille monte & parvient à des degrés plus élevés, ou plus voisins du nombre cent, elle indique l'accroissement de l'humidité.

Pourquoi les degrés croissent avec l'humidité.

Je me suis écarté en cela de la notation admise dans la plupart des autres Hygrometres, où les degrés en croissant indiquent l'augmentation de la sécheresse. En général, je n'aime pas les innovations dans les signes arbitraires ; mais j'ai cru devoir suivre ici l'analogie la plus générale & la mieux raisonnée, qui prescrit de marquer par des nombres croissans l'accroissement d'une substance réelle. Or l'eau suspendue dans l'air, ou renfermée dans les pores du cheveu, est une substance positive, au lieu que la sécheresse qui n'est que la privation d'humidité, est une quantité purement négative. D'ailleurs le nom même de l'instrument indique qu'il est la mesure de l'humidité & non de la sécheresse. La raison qui a, je crois, déterminé à marquer en plus

les accroissemens de la sécheresse, c'est que, comme le barometre & le thermometre montent ordinairement par le beau tems, on a voulu que dans la même circonstance l'Hygrometre marchât aussi dans le même sens. Mais cette raison est trop foible pour balancer, du moins à mes yeux, celle que je viens d'alléguer, d'autant plus que le barometre & le thermometre sont aussi soumis à l'analogie générale qui m'a déterminé; leurs nombres croissans indiquent les accroissemens de deux substances positives, l'air & le feu.

Différentes manieres de marquer les degrés.

§. 34. Lors donc que l'on a observé les points sur lesquels tombent les extrêmes d'humidité & de sécheresse, il faut placer le zéro au terme de la sécheresse, le nombre cent à celui de l'humidité, & diviser en cent parties égales l'arc de cercle compris entre ces points. Mais, comme il seroit impossible de tracer cette division sur le cadran tandis qu'il est fixé à l'Hygrometre, sans courir le risque d'offenser le cheveu, le cadran ne doit être assujetti au cadre que par des vis, de maniere que l'on puisse le dégager sans déranger le cheveu, & il ne faut graver aucune division sur ce cadran avant d'avoir déterminé les extrêmes d'humidité & de sécheresse; mais comme on a pourtant besoin de quelque marque à laquelle on puisse reconnoître les points du cadran sur lesquels tombent ces extrêmes, il faut, avant de polir & de blanchir la surface du cadran, tracer sur cette surface, avec un crayon, des divisions quelconques, fixer à l'Hygrometre le cadran ainsi divisé, déterminer, comme nous avons enseigné à le faire, les termes extrêmes d'humidité & de sécheresse, & noter à quels points de ces divisions postiches répondent ces termes; séparer alors le cadran de l'Hygrometre, marquer d'un trait indélébile les points extrêmes, polir ensuite le cadran, graver sur lui des divisions permanentes qui soient des centiemes

de l'intervalle entre les deux extrêmes, & le fixer enfin pour toujours à l'Hygrometre. En le plongeant pour quelques momens dans les vapeurs, on verra bientôt si l'on a bien placé le terme de l'humidité, & si le cheveu n'a point été dérangé par ces opérations.

Pour moi, comme je changeois souvent les cheveux de mes Hygrometres, & que plus souvent encore les expériences variées & les violentes épreuves auxquelles je les exposois mettoient les cheveux hors d'usage, il eût été trop embarrassant de faire graver pour chacun d'eux des divisions nouvelles; ainsi je laisse toujours le même cadran, divisé comme celui de la *fig.* 2 en cent degrés du cercle dont l'aiguille est le rayon, & lorsque j'ai observé ceux de ces degrés auxquels répondent les termes de sécheresse & d'humidité extrêmes, je dresse une table qui m'apprend quel est pour chaque degré de ce cadran perpétuel le degré correspondant de la division en cent parties. Si, par exemple, j'ai observé que le terme de la sécheresse extrême tombe sur le dixieme, & celui de l'humidité sur le quatre-vingt-cinquieme, je marque sur ma table que le dixieme degré de ce cadran répond au zéro de la division générale, que le quatre-vingt-cinquieme répond au centieme; & divisant cent par soixante-quinze, je vois que chaque degré du cadran vaut un degré & un tiers de la division en cent parties, qu'ainsi le treizieme du cadran correspond au quatrieme de la division générale; le seizieme au huitieme, le dix-neuvieme au douzieme, & ainsi des autres.

Les grands Hygrometres à arbre, *fig.* 1, peuvent aussi être divisés suivant la premiere méthode, en faisant le cadran amovible, & l'étendue de leur marche permettra de marquer les

quarts

quarts ou même les cinquiemes des degrés de la division en cent parties. On peut aussi, comme je le fais, laisser toujours le même cadran divisé en trois cents soixante degrés, & dresser une table qui indique à quel degré & à quelle fraction de degré de la division en cent parties répondent les degrés de ce cadran perpétuel.

§. 35. Lorsqu'une fois on a un Hygrometre bien construit, rien n'est plus facile que d'en graduer d'autres par comparaison. Comme le point d'humidité extrême est très-facile à déterminer & n'exige aucun appareil embarrassant; que d'ailleurs il faut nécessairement que le cheveu, après avoir été adapté à l'instrument, séjourne dans un air saturé de vapeurs pour y prendre toute l'extension dont il est susceptible, ce terme doit toujours être déterminé immédiatement; mais celui de la sécheresse qui exige une opération plus pénible peut s'obtenir par comparaison.

Graduation par comparaison.

Il faut pour cela attendre un tems ou choisir un lieu où l'air soit le plus sec possible, parce que l'erreur que l'on pourroit commettre dans la comparaison, aura d'autant moins d'influence que les instrumens seront plus voisins du terme que l'on veut obtenir. L'Hygrometre que l'on veut graduer doit être placé à côté de celui qui l'est déjà, sous une cloche de verre dont l'entrée soit interdite à l'air extérieur par du mercure ou de la cire molle, & il faut les laisser ainsi plusieurs heures de suite dans la même température jusqu'à ce que l'on n'apperçoive plus dans l'un ni dans l'autre aucune variation. Ce point commun bien observé dans les deux instrumens, suffira pour déterminer tous les autres par de simples proportions.

On peut même se dispenser de renfermer les Hygrometres

dans une cloche, & les expofer fimplement en plein air ou au foleil l'un à côté de l'autre, pourvu que ce foit dans un tems où l'Hygrometre foit à-peu-près ftationnaire, parce que s'il se faifoit des variations rapides, & que l'un des deux fût plus mobile que l'autre, ils n'indiqueroient pas dans le même moment des points correfpondans de leur échelle.

Précaution qui rend cette opération plus fûre.

§. 36. Pour faire cette opération avec plus de fûreté, il convient de commencer par placer les deux Hygrometres dans un lieu très-hnmide, & de les porter enfuite de là tous deux en même tems dans l'air fec; ce féjour dans l'air humide leur donnera à tous deux une égale mobilité, & mettra une parité parfaite dans les effets que l'air fec produira fur eux.

Raifon de cette précaution.

§. 37. Car c'eft un défaut commun à la plupart des Hygrometres, de perdre un peu de leur fenfibilité lorfqu'ils féjournent pendant long-tems dans un air très-fec; il femble que leurs parties rapprochées par l'abfence de l'eau qui les féparoit, s'uniffent entr'elles avec plus de force, & contractent une adhérence qui les rends moins promptes à admettre où à laiffer échapper de nouvelles molécules d'eau. Mais un quart-d'heure ou une demi-heure de féjour dans un air très-humide, fuffit au cheveu pour perdre cette adhérence & pour recouvrer toute fa mobilité.

Cette précaution eft fur-tout néceffaire lorfque le cheveu vient d'être porté au terme de la féchereffe extrême; alors, avant de l'employer à des obfervations, il convient de le placer dans un air faturé de vapeurs, jufqu'à ce qu'il foit retourné au point de l'humidité extrême.

Accord ob-

§. 38. Des Hygrometres à cheveu, conftruits avec foin fur

ces principes, marchent toujours d'une maniere à très-peu près uniforme ; je les ai rarement vus différer de plus de deux ou trois degrés de la division en cent parties, j'en ai même construit dont la différence ne passoit pas un degré, même en passant de l'air le plus humide dans le plus sec, & réciproquement. Or, je ne connois aucun Hygrometre avec lequel on puisse se flatter d'une plus grande précision, & sûrement n'en existe-t-il aucun susceptible d'une graduation réguliere, & dont les variations soient à beaucoup près aussi promptes.

servé entre les Hygrometres à cheveu.

Mais il faut le voir en action ; c'est à quoi sont destinées les expériences que renferme l'essai que l'on va lire, & c'est d'après ces expériences que l'on pourra juger du mérite de cet instrument.

SECOND ESSAI.

THÉORIE DE L'HYGROMÉTRIE.

CHAPITRE PREMIER.

PRINCIPES GÉNÉRAUX DE CETTE THÉORIE.

Définitions. Plan de cet essai.

§. 39. On entend communément par *humidité*, la disposition d'un corps à mouiller les corps qui le touchent, ou à leur communiquer une partie de l'eau dont il est imprégné. L'*Hygrométrie* en général feroit donc la science de mesurer cette disposition dans un corps quelconque. Mais je ne prends point ce terme dans une acception aussi étendue ; je me borne à considérer ici l'humidité de l'air & des corps qui servent à la connoître.

L'air est susceptible d'humidité ; il peut s'imprégner d'eau, abandonner ensuite cette eau & mouiller les corps qui sont en contact avec lui. Cette disposition de l'air à abandonner l'eau dont il est chargé paroît au premier coup-d'œil ne pouvoir être l'effet que de la quantité de cette eau ; mais elle peut venir de causes absolument différentes : car un air très-sec en apparence devient humide par le seul refroidissement ; il le devient par sa condensation, & il le deviendroit encore si on lui offroit des vapeurs avec lesquelles il eût plus d'affinité qu'avec celles de l'eau.

Il ne suffit donc pas d'avoir des instrumens qui nous apprennent que l'air est humide, puisque cette disposition peut dépendre de causes si différentes; il faut encore apprendre à démêler les causes de son humidité; & dans les cas où elles agissent toutes en même tems, il faut savoir attribuer à chacune d'elles l'effet qui lui appartient. C'est la connoissance de ces causes & la mesure de leurs effets qui doit faire l'objet de l'Hygrométrie, & tel a été le but que je me suis proposé dans cet essai.

Pour procéder avec ordre, je commencerai par faire un examen succinct des différentes méthodes qui peuvent servir à mesurer la quantité d'eau que l'air renferme, & j'exposerai en même tems la théorie générale des rapports de l'eau avec l'air & avec les autres corps qu'elle pénetre. J'étudierai ensuite la marche de l'Hygrométre à cheveu; après quoi je chercherai à connoître, par la voie de l'expérience, comment les indications de cet instrument sont modifiées par les différens agens qui peuvent influer sur l'air que nous respirons; & comment cet instrument peut servir à connoître la quantité réelle & absolue de l'eau contenue dans l'air.

§. 39. *a.* Les différentes méthodes imaginées jusqu'à ce jour pour mesurer l'humidité de l'air, peuvent se réduire aux trois suivantes.

Divers moyens de mesurer l'humidité de l'air.

Ire. Faire absorber l'eau contenue dans l'air par des corps capables de l'attirer, & estimer ensuite la quantité qu'ils en ont absorbée, par les changemens survenus dans le poids, les dimensions, la figure, ou quelqu'autre qualité de ces corps.

La IIe méthode, qui est l'inverse de la premiere, consiste

à plonger dans l'air que l'on veut éprouver, ou de l'eau, ou un corps qui en eſt imbibé, & à eſtimer la quantité d'humidité de cet air par la quantité plus ou moins grande qu'il abſorbe de cette eau, ou par la plus ou moins grande rapidité avec laquelle il l'abſorbe.

La III[e] eſt de faire condenſer par le froid les vapeurs ſuſpendues dans l'air, & d'eſtimer ſon humidité, ou par la quantité abſolue d'eau qui ſe condenſe, ou par l'intenſité du froid néceſſaire pour opérer un commencement de condenſation viſible.

Théorie des Hygrometres de la premiere claſſe.

§. 40. Voici les principes généraux ſur leſquels repoſe la théorie des Hygrometres de la premiere claſſe.

1°. L'eau, ou en ſubſtance, ou réduite en vapeurs, tend à pénétrer certains corps, ou à s'unir avec eux par une affinité ſemblable à celle que l'on nomme *affinité chymique*.

2°. Cette tendance eſt différente en différens corps ſuivant leur plus ou moins grande affinité avec l'eau.

3°. Enfin, dans un même corps cette tendance eſt d'autant plus forte, que ce corps eſt plus ſec; pourvu du moins que ſon deſſéchement n'aille pas juſqu'à changer ſa nature.

Affinité de l'eau avec les corps qui l'abſorbent.

§. 41. Lorsque le ſel de tartre ou l'acide vitriolique concentré s'emparent des vapeurs inviſibles qui nagent dans l'air, perſonne ne doute que ce ne ſoit en vertu de l'affinité chymique de ces matieres ſalines avec l'eau; mais il n'eſt pas également reconnu, que quand ces vapeurs pénetrent la corde, la plume, ou le cheveu d'un Hygrometre, ce ſoit par une affinité propre-

ment dite de l'eau ou de la vapeur avec ces différens corps. On est plutôt disposé à regarder l'humidité que ces corps contractent, comme déposée ou simplement abandonnée par l'air, lorsqu'il en est saturé & qu'il ne peut point en contenir davantage.

Mais ceux qui penchent pour cette opinion, y renonceront, j'espere, s'ils considerent que les cordes, les cheveux & toutes les matieres de ce genre s'imprégnent des vapeurs contenues dans l'air, lors même que l'air n'en contient point encore autant qu'il pourroit en absorber. Nous voyons quelquefois les Hygrometres construits avec ces corps, aller à l'humide dans des tems que l'on jugeroit d'ailleurs être secs, dans lesquels l'évaporation se fait encore avec force à l'air libre, & où par conséquent cet air, bien loin d'abandonner l'eau qu'il renferme, est au contraire disposé à en absorber de nouvelle.

Comment donc les Hygrometres peuvent-ils donner alors des signes d'humidité ? Pourquoi l'air, s'il est capable d'absorber encore de l'eau, en laisse-t-il prendre à ces corps & ne s'empare-t-il pas même de celle qu'ils contiennent ? C'est qu'alors ces corps étant plus secs que l'air, ont avec l'eau plus d'affinité que lui. Mais il convient de développer un peu mieux cette théorie.

Cette affinité n'est pas la même dans tous les corps.

§. 42. Je dis premiérement, que les différens corps ont une aptitude différente à se charger des vapeurs qui sont contenues dans l'air, & qu'ils s'en chargent en raison de leur affinité avec ces vapeurs, ou avec l'eau dont elles sont formées.

Exposez dans le même air des quantités égales de sel de tartre, de chaux vive, de bois, de linge, &c. que tous ces

corps ſoient, s'il eſt poſſible, parfaitement deſſéchés; quelques-uns d'entr'eux imbiberont de l'eau & augmenteront de poids, mais en quantité inégale; le ſel en prendra plus que la chaux, celle-ci plus que le bois, d'autres corps n'en prendront point du tout.

Or ces différences ne peuvent venir que des différens degrés d'affinité de ces corps avec l'eau; car elles ne tiennent ni à la forme, ni au volume de ces corps, ni même à la nature de leur aggrégation, puiſque des corps déjà liquides, tels que l'acide vitriolique, attirent l'eau contenue dans l'air avec la plus grande force. Ce qui prouve encore que cette abſorption des vapeurs dépend d'une affinité, c'eſt que l'union des vapeurs condenſées avec ces corps, eſt vraiment celle qui réſulte d'une affinité chymique; cette eau eſt chez eux dans un état de combinaiſon, elle ne peut leur être enlevée par aucun moyen méchanique, elle eſt intimement liée avec leurs élémens; les moyens chymiques peuvent ſeuls la ſéparer de ces corps, en lui offrant des combinaiſons auxquelles elle tende par une affinité plus forte.

Elle croît dans un même corps en raiſon de ſa ſéchereſſe.

§. 43. Je dis enſuite que, toutes choſes d'ailleurs égales, l'affinité de ces corps avec l'eau eſt d'autant plus grande qu'ils en contiennent moins, & qu'ils ſont, pour ainſi dire, plus fortement altérés.

L'alkali fixe parfaitement deſſéché attire l'humidité de l'air avec une force extrême; placé dans le baſſin d'une balance, on voit ſon poids augmenter ſenſiblement de minute en minute; mais à meſure qu'il boit des vapeurs, ſa ſoif, ou ſa force attractive diminue, & enfin ſa peſanteur n'augmente que par degrés inſenſibles.

Il

Il en est de même des autres dissolvans chymiques; ils agissent d'abord avec la plus grande célérité & la plus grande force, & leur activité diminue à mesure qu'ils approchent du point de saturation. Mais ce qu'il y a de particulier dans l'affinité qui existe entre les vapeurs & les corps qui les absorbent, ou *l'affinité hygrométrique*, si l'on me passe ce terme, c'est que non-seulement leur activité, mais le degré même de leur affinité diminue à mesure qu'ils approchent de la saturation. Ainsi, lors même qu'un corps n'a que très-peu d'affinité avec l'eau, ce défaut d'affinité peut être compensé par un plus haut degré de sécheresse, & réciproquement celui qui en a le plus, tombe au niveau de celui qui en a le moins, lorsqu'il approche beaucoup plus que lui de son point de saturation.

Expérience qui le prouve.

§. 44. On verra dans le chapitre V de cet essai la preuve de fait de cette vérité. Je renferme une ou deux onces de sel alkali fixe très-caustique & très-sec dans un ballon de quatre pieds cubes de contenance rempli d'un air médiocrement humide, mais sans aucune humidité surabondante; ce sel absorbe le poids de vingt-quatre ou vingt-cinq grains d'eau qu'il tire de ces quatre pieds cubes d'air. Alors le sel, par l'imbibition de cette eau, se trouve avoir perdu un peu de sa force attractive, & en revanche celle de l'air s'est tellement augmentée par la déperdition qu'il a faite de ces vingt-quatre grains d'eau, que bien qu'il en contienne encore, le sel ne peut plus la lui enlever, parce que l'air la retient avec une force égale à celle avec laquelle le sel la demande. Et ce n'est pas que le sel soit saturé, ni près de là; car dans un air humide & renouvellé il en absorberoit encore pour le moins deux cents fois autant; mais c'est que cette quantité, toute petite qu'elle est, a diminué sa force absorbante. En effet, si l'on introduit dans ce même ballon

deux nouvelles onces du même ſel parfaitement deſſéché, elles enleveront encore à l'air renfermé avec elles quelques portions d'humidité, & ainſi ſucceſſivement, juſqu'à ce que l'extrême deſſéchement ait mis la force attractive de l'air en équilibre avec celle de l'alkali fixe.

L'affinité hygrométrique differe à cet égard de l'affinité chymique.

§. 45. Ce genre d'affinité differe donc en cela des autres affinités chymiques dont la nature ou le degré ne change pas en approchant de la ſaturation. Car ſi pluſieurs menſtrues dont les affinités avec un certain corps ſont inégales entr'elles, ſe trouvent à portée d'agir tous à la fois ſur ce même corps, le plus puiſſant commencera par attaquer ce corps; & quoiqu'il marche continuellement vers la ſaturation, la ſupériorité de ſes forces ſur celles des autres diſſolvans ne diminuera point pour cela; il ne laiſſera rien diſſoudre aux autres menſtrues qu'il ne ſoit lui-même complétement ſaturé, ou ſi dans les premiers momens ils s'étoient emparés de quelques portions du diſſolvende, il les leur reprendroit juſqu'à ſa complete ſaturation. Si, par exemple, on projettoit peu à peu de la craie dans un mélange d'acide vitriolique, d'acide nitreux & de vinaigre, il faudroit que l'acide vitriolique fût complétement ſaturé de craie, avant que l'acide nitreux & le vinaigre puſſent s'en approprier un atome; l'acide nitreux ſe ſatureroit enſuite, & enfin le vinaigre n'en prendroit qu'après la parfaite ſaturation des deux autres.

Diſtribution de l'humidité entre différens corps.

§. 46. Au contraire, ſi dans un eſpace donné il ne ſe trouve pas une quantité d'eau ou de vapeurs ſuffiſante pour ſaturer d'humidité tous les corps qui ſont renfermés dans cet eſpace, aucun d'eux ne ſe ſaturera complétement; tous en auront un peu; cette eau ſe partagera entr'eux, non pas, à la vérité, en parties égales, mais en parties proportionnelles au degré d'affi-

nité que chacun de ces corps a avec elle. Ceux qui l'attirent le plus fortement, en prendront assez pour que cette quantité rabaisse leur force attractive au niveau de ceux dont l'attraction est la moindre; & il s'établira ainsi entr'eux une espece d'équilibre.

C'est par l'intermede de l'air que se fait cette répartition; il en prend à ceux qui en ont trop, il en rend à ceux à qui il en manque, & il en conserve lui-même la part que lui assigne le degré de son affinité avec l'eau.

Si dans le tems où cet équilibre est complétement établi, il s'introduisoit tout-à-coup dans l'air même de nouvelles vapeurs, dont la quantité ne fût pas assez considérable pour saturer & l'air & les corps renfermés avec lui, ces corps ne permettroient pas à l'air de les garder toutes pour lui seul; il faudroit qu'il leur en cédât, pour ainsi dire, leur quote-part; & alors les Hygrometres, s'il y en avoit dans cet espace, iroient à l'humide quoique l'air ne fût point encore rassasié. Une nouvelle portion de vapeurs se répartiroit de la même maniere, & ainsi successivement jusqu'à la parfaite saturation de tous ces corps.

Enfin, si après leur saturation on continuoit de faire entrer des vapeurs dans cet espace, cette eau surabondante s'attacheroit à leur surface, les mouilleroit, & quoique retenue sur cette surface par une adhérence qui appartient peut-être encore aux affinités chymiques, elle pourroit être essuyée ou séparée de ces corps par des moyens purement méchaniques.

Introduisez alors dans cet espace une nouvelle substance, plus avide d'eau que les corps qui y sont renfermés, cette substance commencera par s'emparer de cette eau surabondante

qui mouille la surface de ces corps, sans être combinée avec leurs élémens : puis si cette eau ne suffit pas pour la saturer, elle en dérobera aux corps qui sont renfermés avec elle, jusqu'à ce qu'elle ait diminué son altération & augmenté la leur au point qu'elles deviennent égales, & qu'il leur reste à tous une égale tendance à s'unir avec l'eau.

De même si la chaleur ou quelqu'autre cause augmentoit la tendance de quelqu'un de ces corps à s'unir avec l'eau, sans augmenter proportionnellement celle des autres, il s'empareroit aussi d'une portion de l'eau contenue dans les autres, suffisante pour réduire sa force attractive au niveau de la leur.

Limites du desséchement.

§. 47. De là suit ce que j'ai dit §. 31, que les sels absorbans ne peuvent jamais dépouiller ni l'air ni aucun autre corps de toute son humidité, parce que, quelle que soit l'affinité de ces sels avec l'eau, lorsqu'ils ont dépouillé à un certain point les autres corps de celle qu'ils contiennent, la force attractive des sels diminue, & celle des corps dépouillés augmente dans le même rapport; d'où résulte un équilibre en vertu duquel les corps les moins absorbans retiennent toujours quelque portion de leur humidité. Mais si l'on fait usage de sels très-attractifs par leur nature, très-fortement desséchés, qu'on les emploie à grandes doses, qu'on les renouvelle lorsque l'eau qu'ils ont absorbée a diminué leur force, on poussera le desséchement aussi loin qu'on le voudra, assez loin du moins pour pouvoir, sans erreur sensible, négliger la quantité qui demeurera en arriere.

Résultat général de la théorie des Hygrometres de la Ire classe.

§. 48. Il existe donc des rapports déterminés entre les degrés d'affinité qu'ont avec l'eau ou avec les vapeurs les différens corps qui sont capables de les absorber; & c'est sur l'existence de ces

rapports qu'est fondée l'Hygrométrie, celle du moins qui emploie les Hygrometres de la premiere classe dont nous nous sommes occupés jusqu'ici.

Un Hygrometre à corde, par exemple, n'indique, à proprement parler, que l'état de la corde qui fait mouvoir son aiguille; mais comme il y a un rapport certain entre la force attractive de la corde & celle de l'air, il s'ensuit que l'état de la corde dépend nécessairement de celui de l'air dans lequel elle est plongée, & que par conséquent on peut, avec sûreté, de l'état de la corde, déduire celui de l'air.

Ce qu'il reste à faire pour perfectionner cette théorie.

§. 49. Tous ceux qui ont fait usage des Hygrometres de la premiere classe, ont tacitement supposé ce rapport; mais personne, à ce que je crois, n'avoit encore déterminé la nature & les loix de cette affinité; tout comme on n'a pas encore examiné quels sont, pour un Hygrometre donné, les changemens qu'introduisent dans ce rapport les différentes modifications de l'air, sa chaleur, sa densité, son agitation, &c. & l'on n'a même fait que des essais très-imparfaits & très-fautifs pour savoir si les changemens que l'humidité de l'air produit dans l'Hygrometre, sont proportionnels aux quantités effectives d'eau qui sont contenues dans l'air. Or il est évident qu'il ne sauroit y avoir d'Hygrométrie proprement dite, que toutes ces questions ne soient résolues. (1)

(1) Je ne m'arrête point à examiner ici les effets que produisent les vapeurs sur les différens corps qu'elles pénetrent, comment elles liquéfient les sels concrets, raccourcissent les cordes végétales, alongent les fibres animales, &c. Ces faits bien connus ont été expliqués par d'autres physiciens, & quoiqu'il restât des considérations intéressantes à faire sur ce sujet, elles n'appartiennent point directement à l'Hygrométrie.

M. Butini, à la suite de l'excellent ouvrage qu'il vient de publier sur la magnésie, a donné un petit traité sur les affinités chymiques, dans lequel il explique de la maniere la plus précise

Seconde méthode de mesurer l'humidité.

§. 50. La premiere méthode de mesurer l'humidité de l'air, dont nous venons d'examiner les fondemens généraux, juge donc de la quantité de cette humidité par ses effets sur les corps qui sont capables de l'absorber. Elle juge par conséquent de cette humidité d'une maniere, si non immédiate, du moins directe; au lieu que la seconde méthode procede indirectement, & juge de l'humidité de l'air par sa plus ou moins grande aptitude à se charger d'une nouvelle quantité d'eau.

Principe sur lequel elle repose.

§. 51. La base sur laquelle repose cette méthode, c'est que l'air est susceptible de saturation; c'est-à-dire, que lorsqu'il s'est pénétré d'une certaine quantité d'eau, il ne peut plus en absorber davantage: d'où il suit que toutes choses d'ailleurs égales, son humidité actuelle est en raison inverse de la quantité d'eau nécessaire pour le saturer.

Cette méthode a souvent induit les physiciens en erreur.

§. 52. Ce principe qui a été bien développé & démontré par M. Le Roi, semble fournir des moyens très-faciles d'estimer l'humidité de l'air; mais ces moyens se trouvent peu sûrs dans la pratique, à cause de la difficulté de reconnoître & de saisir le vrai point de saturation de l'air; & cette difficulté, ou plutôt l'oubli total de cette condition essentielle, a jeté dans des erreurs énormes ceux qui ont tenté d'employer ces moyens. On a, par exemple, renfermé une quantité d'eau bien déterminée dans un vase exactement luté; au bout d'un certain tems on a mesuré la diminution de cette eau, & l'on a cru que l'air contenu dans le vase s'étoit chargé de tout le déficient, sans penser que cette eau avoit toujours continué de s'évaporer, même après la

& la plus claire, les phénomenes qui résultent de la pénétration de l'eau dans les corps, & en particulier la prodigieuse force expansive que déploient certains corps tandis que l'eau les pénetre.

parfaite ſaturation de l'air, parce que les vapeurs ſe condenſant contre les parois du vaſe, il ſe faiſoit une vraie diſtillation, qui auroit pu conſommer à la longue une quantité d'eau, pour ainſi dire illimitée.

On ne peut donc employer cette méthode, que l'on n'ait préalablement établi des caracteres bien ſûrs de la ſaturation; & il faudroit même enſuite déterminer, comme pour les Hygrometres du premier genre, quelles ſont ſur le terme de cette ſaturation les influences de la chaleur, de la denſité & des autres modifications de l'air.

Principes de la troiſieme méthode.

§. 53. La troiſieme méthode qui conſiſte à rendre ſenſibles par le refroidiſſement les vapeurs ſuſpendues dans l'air, eſt auſſi fondée ſur le principe de la ſaturation; le froid condenſe les vapeurs & diminue la force diſſolvante de l'air; d'où il ſuit, que de l'air qui par ſa chaleur tenoit en diſſolution une certaine quantité de vapeurs, commence à les abandonner au moment où le refroidiſſement lui ôte le pouvoir de les diſſoudre. On peut donc juger de la quantité de vapeurs que cet air contenoit, ou par la quantité d'eau qu'un degré de froid déterminé lui fait dépoſer ſur une ſurface déterminée, ou par la quantité du refroidiſſement néceſſaire pour opérer un commencement de précipitation.

Hygrometre de l'académie del Cimento.

§. 54. Les académiciens del Cimento, ces reſtaurateurs de la phyſique expérimentale, mirent en uſage le premier de ces deux moyens. Ils prirent un vaſe de verre de forme conique, qu'ils tinrent conſtamment plein de neige ou de glace pilée; ils ſuſpendirent ce vaſe en plein air la pointe en-bas; les vapeurs vinrent ſe condenſer à la ſurface de ce verre, & diſtiller goutte

à goutte de la pointe du cône : la plus ou moins grande fréquence de ces gouttes leur indiquoit le degré d'humidité de l'air.

Hygrometre de M. l'abbé FONTANA.

§. 55. LE célebre Abbé FONTANA, digne à tant d'égards de seconder les vues du grand Prince qui occupe aujourd'hui la place du fondateur de cette académie, (1) a tiré du même principe un Hygrometre moins volumineux & plus commode.

IL prend une lame de verre bien nette & bien polie, dont il connoît exactement le poids; il la refroidit à un degré déterminé, puis il l'expose à l'air pendant un tems aussi déterminé, & l'augmentation de son poids lui indique le degré d'humidité de l'air. Voyez *Saggio del real gabinetto di Firenze*, p. 19.

Hygrometre de M. LE ROI.

§. 56. ENFIN, M. LE ROI employant des moyens plus simples encore, prescrivoit de tenir dans l'air un verre plein d'eau, & dont la chaleur fût la même que celle de cet air; de refroidir lentement cette eau par une addition graduée & successive d'eau à la glace, & de noter le degré de froid auquel on commenceroit à voir à la surface du verre cette légere rosée qui indique la précipitation des vapeurs, & par conséquent la supersaturation de l'air contigu au verre. Il jugeoit l'air d'autant moins humide, qu'il falloit un degré de froid plus considérable pour opérer cette précipitation.

(1) On dit que ce Prince, toujours occupé du bonheur de la Toscane, veut faire refleurir les sciences & les arts dans ce pays qui fut jadis leur berceau, & pense à rétablir avec un nouveau lustre l'académie del Cimento. J'ai même vu à Florence une magnifique collection d'instrumens de physique, perfectionnés par l'Abbé FONTANA & exécutés sous ses yeux, pour servir aux expériences dont cette académie doit faire sa principale occupation.

§. 57.

§. 57. Ces procédés ingénieux font honneur aux physiciens qui les ont imaginés, & peuvent même quelquefois être utiles; mais si l'on considere qu'on ne peut guere en faire usage dans des vases clos; qu'on ne peut jamais les employer lorsque l'air est plus froid que le terme de la congélation, ni lorsqu'il est très-sec, & que d'ailleurs la moindre particule d'une matiere grasse, ou d'autres obstacles difficiles à éviter, peuvent troubler la précipitation de cette rosée, & répandre de l'incertitude sur les résultats, (1) on conviendra sans peine qu'il est bien difficile qu'aucun moyen de ce genre puisse tenir la place d'un Hygrometre universel.

Inconvéniens des Hygrometres de ce genre.

Ce sont donc les Hygrometres de la premiere & de la seconde classe, dont il faut attendre les plus grands secours pour mesurer l'humidité de l'air. Il ne faut cependant négliger aucun des moyens que la nature ou l'art peuvent nous suggérer pour parvenir à la connoissance de la vérité. Il faut, au contraire, les combiner entr'eux, comparer leurs rapports, & les contrôler, pour ainsi dire, les uns par les autres. Ainsi le physicien qui voudra, dans quelque circonstance particuliere, connoître avec la plus grande précision le degré d'humidité de l'air, pourra plonger dans cet air des Hygrometres proprement dits, à corde, à plume ou à cheveu, & consulter leurs indications. Il pourra aussi renfermer des sels absorbans dans un volume donné de cet air, & connoître la quantité d'eau que ces sels sont capables

(1) J'ai souvent essayé d'employer le procédé de M. Le Roi; avec cette différence que, pour refroidir l'eau contenue dans le verre, au lieu de me servir d'eau à la glace, qu'il seroit difficile de porter avec soi en voyage, j'employois du sel ammoniac en poudre, que j'injectois peu à peu dans l'eau, & qui, lorsque l'air n'étoit pas très-sec, produisoit un froid suffisant pour ternir le verre; mais lorsque je répétois plusieurs fois de suite la même épreuve, je ne trouvois pas que la rosée commençât toujours à paroître au même degré de froid, quoique dans l'intervalle l'air n'eût souffert aucun changement sensible.

d'en extraire. Il pourra encore, en suivant la méthode inverse, chercher quelle est la quantité d'eau qu'une portion donnée du même air sera en état de dissoudre. Et il pourra enfin éprouver quel est le degré de refroidissement nécessaire, pour que cet air commence à abandonner l'eau dont il est chargé, ou quelle quantité de cette eau un degré de froid déterminé lui fait abandonner. Nous verrons dans la suite de cet ouvrage divers exemples des combinaisons de ces différentes méthodes.

CHAPITRE II.

EXAMEN DES HYGROMETRES A CHEVEU.

§. 58. L'Astronome commence par vérifier les inſtrumens dont il doit faire uſage dans le cours de ſes obſervations; commençons auſſi par éprouver les Hygrometres dont nous allons nous ſervir dans les expériences fondamentales de l'Hygrométrie; nous réglerons ſur ces épreuves le degré de confiance que nous devons accorder & à l'inſtrument & aux réſultats de ſes indications.

Néceſſité de cet examen.

§. 59. Un Hygrometre ſeroit parfait, premiérement, ſi ſes variations étoient aſſez étendues pour rendre ſenſibles les plus petites différences d'humidité & de ſécbereſſe. 2°. Si elles étoient aſſez promptes pour ſuivre pas à pas toutes celles de l'air, & pour indiquer toujours exactement ſon état actuel. 3°. Si l'inſtrument étoit toujours d'accord avec lui-même, c'eſt-à-dire, qu'au retour du même état de l'air, il ſe retrouvât toujours au même degré: 4°. s'il étoit comparable, c'eſt-à-dire, ſi pluſieurs Hygrometres conſtruits ſéparément ſur les mêmes principes, indiquoient toujours le même degré, dans les mêmes circonſtances: 5°. s'il n'étoit affecté que par l'humidité ou la ſéchereſſe proprement dites; c'eſt-à-dire, que les vapeurs aqueuſes fuſſent le ſeul agent qui pût influer ſur ſes variations: 6°. enfin, ſi ces mêmes variations étoient proportionnelles à celles de l'air, enſorte que dans des circonſtances pareilles, un nombre double ou triple de degrés indiquât conſtamment une quantité double ou triple de vapeurs.

Qualités que devroit avoir un Hygrometre pour être parfait.

Ces deux dernieres conditions exigent un examen approfondi, & feront traitées dans des chapitres féparés; les quatre premieres formeront le fujet de celui-ci.

Moyens d'augmenter la fenfibilité de l'Hygrometre.

§. 60. La fenfibilité ou l'étendue des variations, dépend dans les Hygrometres à cheveu de deux caufes différentes, premiérement de la force de la leffive dans laquelle a été lavé le cheveu; & en fecond lieu, de la longueur du bras de levier auquel eft fixée une des extrêmités de ce même cheveu.

Par la leffive.

§. 61. J'ai confeillé, §. 11, d'ufer avec réferve du premier de ces moyens, c'eft-à-dire, de ne pas leffiver le cheveu trop long-tems, ni dans une liqueur trop cauftique. Il y a cependant des cas où l'on peut être moins févere; lorfque, par exemple, on ne veut comparer l'inftrument qu'avec lui-même, & qu'on cherche à connoître par fon moyen les variations momentanées & journalieres de l'air, fans fe foucier de faire correfpondre fa marche avec celle d'autres Hygrometres, on peut fans fcrupule lui donner par une leffive plus forte ou par une cuiffon plus longue, une plus grande fenfibilité.

Par des moyens méchaniques.

§. 62. Quant au fecond moyen d'augmenter cette fenfibilité, en diminuant la longueur du bras de levier auquel fe fixe le cheveu, on peut le pouffer très-loin dans l'Hygrometre à arbre. Si l'on ne donne à cet arbre que trois quarts de ligne de diametre, un Hygrometre d'un pied de hauteur aura des variations dont l'étendue ira au-delà d'une révolution entiere de l'aiguille, & même de 400 degrés du cercle qu'elle décrit, & cela fans employer des cheveux trop leffivés.

Mais dans les Hygrometres portatifs à poulie, où le cheveu

se roule immédiatement autour de l'extrêmité cylindrique du lévier qu'il fait mouvoir, on ne pourra pas diminuer à beaucoup près autant le bras de ce levier; parce que le cheveu roulé pendant long-tems autour d'un trop petit cylindre contracte un roideur qui devient difficile à surmonter. Ainsi je ne crois pas que l'on doive donner moins de deux lignes de rayon à la poulie dont il embrasse la circonférence. Or, en employant une poulie de cette grandeur, & en donnant un pied de hauteur à l'Hygrometre, le cheveu sans être trop cuit, pourra donner à son aiguille des variations d'environ 80 degrés d'un cercle de trois pouces de rayon, ce qui fait une échelle d'environ quatre pouces deux lignes; & cet espace divisé en 100 degrés donne des degrés de demi-ligne chacun, que l'on peut aisément subdiviser à l'œil, au moins en quatre ou cinq parties, & cela suffit pour les observations les plus délicates.

§. 63. La promptitude des variations d'un instrument météorologique quelconque est une qualité plus importante encore que leur étendue; parce que l'on peut souvent suppléer à cette étendue par des moyens méchaniques, ou en observant les variations avec de fortes loupes; au lieu que l'on ne peut apporter aucun remede aux inconvéniens qui résultent de la lenteur ou de l'inertie d'un tel instrument. Car ce que nous demandons à un thermometre ou à un Hygrometre, c'est de nous apprendre quel est l'état de l'athmosphere dans le moment même où nous l'observons. Or, si l'instrument que nous employons a besoin de plusieurs heures, pour que son état corresponde à celui de l'air; il est clair qu'il n'indique point, ni même à beaucoup près, l'état actuel de l'athmosphere, si ce n'est dans les cas bien rares où l'air demeure pendant plusieurs heures sans faire aucune variation. Et s'il se fait, comme cela arrive pres-

Inconvéniens des Hygrometres paresseux.

que toujours, des changemens ſucceſſifs dans l'air, l'inſtrument n'indique jamais qu'une eſpece de moyenne entre les différens états par leſquels a paſſé l'athmoſphere pendant les heures antérieures au moment où l'on obſerve : je dis *une eſpece de moyenne*, parce que la nature de cette moyenne varie ſuivant l'époque à laquelle ſe ſont faits ces changemens, ſuivant leur promptitude, leur grandeur, leur durée, toutes choſes qui nous ſont abſolument inconnues, quand nous n'employons qu'un inſtrument lent & pareſſeux.

Or, de toutes les variations de l'air, il n'en eſt peut-être aucune qui ſe faſſe avec plus de promptitude, que celles qui ſont relatives à l'humidité. La chûte de la roſée, par exemple, ſe détermine quelquefois avec tant de précipitation, que j'ai vu dans cette circonſtance, mon Hygrometre ſuſpendu en plein air, varier en vingt minutes de quarante degrés de ſon échelle, c'eſt-à-dire des deux cinquiemes de la totalité de ſes variations. Les coups de vent apportent auſſi des changemens inſtantanés, & qui ſont entiérement perdus pour des inſtrumens pareſſeux.

Cette mobilité paroît moins néceſſaire dans les vaſes clos, dont nous pouvons à ce qu'il ſemble, prolonger l'état à volonté ; on verra cependant par les expériences que j'ai faites dans un air raréfié, par celles qui m'ont ſervi à connoître la nature des vapeurs de différens corps, &c. combien, même dans des vaiſſeaux fermés, la trop grande inertie d'un Hygrometre déroberoit de connoiſſances intéreſſantes.

Quels cheveux ſont

§. 64. Mais les cheveux ne ſuivent pas tous avec la même promptitude les variations de l'air, les plus fins doivent natu-

rellement être plus mobiles ; ceux qui ont été moins fortement lessivés le sont aussi davantage, & leur promptitude compense avantageusement la moins grande étendue de leurs variations. les plus mobiles.

Tous ont leurs variations d'autant plus promptes, que l'air est plus humide. Ceux qui sont lessivés à propos, lorsqu'on les plonge dans un air voisin de l'humidité extrême, atteignent dans deux ou trois minutes le point où ils doivent se fixer; mais à mesure que l'air devient plus sec, il leur faut plus de tems pour se mettre à son niveau. Cependant si un Hygrometre, après avoir séjourné dans un air très-humide, est transporté dans un air très-sec, il fera en très-peu de tems, c'est-à-dire, en deux ou trois minutes, la plus grande partie, environ les sept huitiemes de toute la variation qu'il doit faire; mais il restera dix à douze minutes à faire la derniere huitieme. Le cas dans lequel sa marche est la plus lente, c'est lorsque l'air & le cheveu qui l'environne étant déjà très-secs, ils se dessèchent encore davantage. Cependant je puis assurer qu'en plein air, même dans les plus grandes sécheresses, je ne l'ai jamais vu exiger plus de douze ou tout au plus quinze minutes pour parvenir au terme où il devoit se fixer.

Et dans quelles circonstances.

§. 65. Je dis *en plein air*, parce qu'en général les Hygrometres exigent plus de tems pour se fixer dans les vases clos qu'à l'air libre ; & la raison en est fort simple. Lorsque le cheveu est plus sec ou plus humide que la couche d'air qui le touche, il faut qu'il pompe une partie des vapeurs que contient cette couche ; ou que cette même couche absorbe les vapeurs que le cheveu contient de plus qu'elle ; ensuite il faut que l'équilibre se rétablisse entre cette couche d'air & les couches plus éloi-

Ils sont plus lents dans les vases clos.

gnées, & comme il y a peu de mouvement & de circulation dans un vafe clos, il faut affez de tems pour qu'il puiffe s'établir un équilibre général. Mais à l'air libre, qui eft dans une agitation continuelle, le cheveu toujours baigné de nouvelles parties d'air, n'a d'autre caufe de retard que l'inertie & l'adhérence de fes propres élémens.

Senfibilité des Hygrometres à cheveu.

§. 66. Les Hygrometres à arbre bien conftruits, ont une mobilité fi grande qu'elle eft prefque incommode; il faut les plus grandes précautions pour s'approcher d'eux fans les faire varier. Si l'on ne retient pas fon haleine, à l'inftant même où elle les touche ils marchent de deux ou trois degrés vers l'humide; & la chaleur du corps, fi on le tient trop près de l'inftrument, deffeche le cheveu & le fait marcher à vue d'œil du côté de la féchereffe (1). Il eft fur-tout intéreffant de les expofer en plein air, par exemple, fur la tablette d'une fenêtre, & de les obferver au travers de la vitre qui les préferve de l'action du corps de l'obfervateur. On les voit dans un mouvement prefque continuel, principalement lorfque l'air eft très-humide; ils marchent quelquefois auffi vîte qu'une aiguille à fecondes, & il eft très-rare qu'ils reftent au même point pendant trois minutes de fuite. Cette mobilité eft moins apparente, mais tout auffi réelle dans les Hygrometres à poulie; enforte que je ne crois pas que l'on puiffe efpérer, ni prefque fouhaiter cette qualité dans un plus haut degré qu'elle n'eft dans l'Hygrometre à cheveu.

(1) Quelques phyficiens ont cru que la tranfpiration infenfible devoit faire marcher à l'humide un Hygrometre fitué dans le voifinage de la peau. Mais j'ai toujours obfervé le contraire; l'approche du vifage, des mains, le fait marcher très-promptement au fec, fans doute parce que la chaleur du corps augmente la force diffolvante de l'air plus que la tranfpiration ne le raffafie. Il en feroit peut-être autrement fi le corps étoit baigné de fueur.

§. 97.

Constance ou durée des Hygrometres à cheveu.

§. 67. On n'a sans doute pas eu de peine à accorder au cheveu le mérite d'une prompte sensibilité ; sa finesse & la lessive qui le dépouille de la graisse qui pourroit le rendre moins pénétrable à l'humidité, paroissent devoir lui donner éminemment cette propriété. Mais on sera tenté de lui refuser le mérite de la constance ; car au physique comme au moral, une mobilité qui rend accessible à toutes les impressions étrangeres semble exclure la constance. On craindra sur-tout que le poids dont le cheveu est chargé, ne l'étire & ne l'alonge continuellement. Mais l'expérience m'a prouvé qu'un cheveu d'une bonne qualité, qui n'est pas trop lessivé, & qui n'est chargé que d'un poids de trois grains ne s'étire pas, même au bout d'un an, d'une quantité qui puisse produire une erreur sensible : & on ne s'en étonnera pas si l'on observe que le cheveu est un corps très-fort, relativement à sa grosseur, & de plus très-élastique. Un cheveu fin, même après avoir été lessivé, pourvu qu'il ne l'ait pas été avec excès, peut porter sans se rompre au-delà d'une once & demie : or, une once & demie est près de trois cents fois le poids des trois grains dont je le charge, & il est bien naturel qu'un corps porte sans fatigue la trois-centieme partie du poids qu'il peut porter sans se rompre. D'ailleurs le cheveu est un corps organique entier, destiné par la nature à être exposé à l'air, & même à défendre la tête de l'homme contre les injures de cet élément ; il lui résiste, comme je l'ai dit dans la préface, pendant un tems dont on ne connoît pas les limites, il survit à la destruction, ou du moins à l'altération de toutes les autres parties du corps ; & c'est peut-être par cette raison que les Américains ont imaginé d'en faire leurs trophées. On ne doit donc craindre, au moins pour plusieurs années, ni sa destruction, ni son alongement indéfini, ni même

un degré d'altération qui change ſenſiblement ſes qualités hygrométriques.

Je dois cependant avertir que les cheveux qui ont été trop leſſivés, & ceux que j'ai nommés *rétrogrades*, §. 15, c'eſt-à-dire, qui dans un vaſe rempli de vapeurs ſe raccourciſſent après s'être alongés, ſont ſujets à s'étirer avec le tems; enſorte qu'après quelques mois de ſervice on les voit quelquefois, par exemple, dans un brouillard épais, paſſer d'un, de deux, & même de trois degrés le terme de l'humidité extrême. Mais il ne réſulte de là qu'un inconvénient très-léger; pour remettre ces inſtrumens en regle il ſuffit de faire agir la vis de rappel & de ramener l'aiguille au point de l'humidité extrême; ou de lui faire faire du côté de la ſéchereſſe autant de degrés qu'elle en faiſoit de trop au-delà du terme de l'humidité. Un Hygrometre ainſi corrigé eſt auſſi juſte qu'au moment où il a été conſtruit.

Ainsi dans un cours d'obſervations délicates, il convient d'expoſer de tems en tems les hygrometres à l'humidité extrême, ſoit dans un vaſe rempli de vapeurs, ſoit, ce qui eſt plus efficace encore, dans un brouillard épais. On les emploie avec plus de confiance ſi on les trouve juſtes, & on les répare ſi le tems les a un peu altérés.

Comparabilité de ces Hygrometres,

§. 68. Quant à la comparabilité (qu'on me paſſe ce terme devenu néceſſaire) des Hygrometres conſtruits avec cette ſubſtance, je puis dire que deux ou pluſieurs de ces inſtrumens, faits avec des cheveux ſemblablement préparés, gradués ſur les mêmes principes, & expoſés enſuite aux mêmes variations d'humidité & de ſéchereſſe, ont des marches que l'on peut

nommer paralleles. Je ne dirai cependant pas qu'ils indiquent toujours tous le même degré, mais que leurs écarts vont rarement au-delà de deux degrés, ou d'une cinquantieme de l'intervalle entre leurs variations extrêmes; & ce degré d'exactitude peut, à ce que je crois, suffire pour des observations de ce genre. Ils s'accordent sur-tout très-bien dans les termes d'humidité ou de sécheresse extrêmes, & dans les points limitrophes, lors même qu'ils sont partis de termes très-éloignés les uns des autres. Ils ne s'accordent point mal non plus, si l'un venant d'un lieu très-humide & l'autre d'un lieu très-sec, on les porte tous deux dans un lieu d'une humidité moyenne. Mais le cas où il y aura entr'eux le plus grand écart, c'est celui où après que tous deux auront séjourné pendant longtems dans un air très-sec, par exemple, au quarantieme degré de ma division, on en porte un dans un air encore plus sec, qui le fasse venir, je suppose à trente, & que, pendant ce temslà, l'autre Hygrometre ait été porté dans un air un peu moins sec, par exemple, à cinquante degrés; qu'ensuite on les replace tous les deux dans l'air où ils étoient d'abord, ils ne reviendront ni l'un ni l'autre à quarante; celui qui vient de l'air le moins sec restera à quarante-deux ou quarante-trois; & celui qui vient de l'air le plus sec ne montera qu'à trente-sept ou trente-huit; ensorte que leur différence sera d'environ cinq degrés, c'est-à-dire, d'une vingtieme de l'échelle totale. Mais cette différence s'évanouira, & ils reviendront tous les deux à quarante, si on commence par les plonger tous deux dans un air dont l'humidité soit extrême, & qu'ensuite on les rapporte tous deux dans l'air sec. C'est pour cette raison que j'ai prescrit, §. 35, de commencer par plonger dans les vapeurs les Hygrometres que l'on veut graduer par comparaison; & j'ai donné en même tems la raison de ce phénomene.

Précaution à prendre.

J'AJOUTERAI ſeulement ici, que lorſqu'on n'auroit pas ſous ſa main un vaſe de verre qui pût ſervir à plonger l'Hygrometre dans les vapeurs, en voyage par exemple, & que l'on craindroit que dans un tems très-ſec, cette cauſe n'empêchât l'Hygrometre d'accuſer fidelement l'état actuel de l'air, on pourroit prendre la précaution d'humecter un peu l'intérieur de l'étui dans lequel on le porte; j'ai éprouvé que le cheveu après avoir ſéjourné pendant quelques minutes dans cet étui humide y reprend toute la mobilité que l'on peut ſouhaiter.

Les cheveux n'ont une marche parallele, que quand ils ſont également leſſivés.

§. 69. MAIS la condition la plus indiſpenſable pour obtenir des Hygrometres dont la marche ſoit bien parallele, c'eſt de les conſtruire avec des cheveux qui aient été également leſſivés. Ceux qu'on a fait bouillir trop long-tems ou dans une leſſive trop cauſtique, ont le défaut de continuer de s'alonger après avoir atteint le terme de l'humidité extrême. Quoique ce prolongement ait des limites qu'il ne paſſe point, & qu'ainſi il ait toujours le mérite de donner un terme fixe, il a cet inconvénient, c'eſt qu'il peut induire en erreur, en faiſant croire qu'un air déjà ſaturé d'humidité ne l'eſt pas encore; & on comprend que ſi l'on a deux cheveux dont l'un ſoit plus leſſivé que l'autre, celui qui l'eſt le moins marquera ſes cent degrés ou le terme de ſaturation, tandis que l'autre ne l'aura point encore atteint: & comme ce défaut ſe fait ſentir par gradations en approchant du terme de l'humidité extrême, l'Hygrometre auquel eſt adapté le cheveu trop leſſivé indiquera toujours dans un air humide un degré moins élevé, ou plus éloigné de l'humidité extrême. Il eſt vrai que leur différence ſera toujours moins grande à meſure que l'air ſera plus ſec, & s'évanouira même au terme de la ſécheresſe parfaite; mais comme il eſt très-rare que l'on faſſe des obſervations dans un air auſſi

fec, il vaut mieux éviter cette caufe d'erreur en employant des cheveux également leffivés.

§. 70. Une attention qu'il faut toujours avoir en faifant ufage de ces Hygrometres, c'eft d'examiner fi des araignées n'ont point tendu leurs fils fur l'aiguille ou fur le cheveu. Quand on laiffe ces inftrumens en plein air, & fouvent même dans les chambres les plus propres, des araignées viennent accrocher leurs fils à l'aiguille & la lier avec le cadran ; elles prennent auffi le cheveu pour point d'appui, l'uniffent par des liens redoublés au cadre de l'Hygrometre & gênent ainfi fes mouvemens. Et quelquefois ces infectes font fi petits & leurs fils fi déliés, qu'il faut beaucoup d'attention & un jour favorable pour les appercevoir. Autre précaution à prendre.

Il faut auffi examiner de tems en tems s'il ne s'eft point accumulé de pouffiere qui puiffe gêner le mouvement de l'aiguille fur fon pivot, ou fi fa pointe ne frotte point contre le cadran. Pour s'en affurer, il fuffit d'obferver avec attention le degré auquel correfpond l'aiguille, & de la faire enfuite defcendre avec le doigt de dix à douze degrés ; fi tout eft en bon ordre, elle doit, lorfqu'on la relâche, revenir exactement au même point.

Il convient enfin de laver quelquefois le cheveu avec un pinceau bien net & humecté d'eau pure ; on le promene délicatement fur le cheveu dans toute fa longueur pour le débarraffer de la pouffiere qui peut s'être attachée à lui.

§. 71. J'aurois pu, & on trouvera peut-être que j'aurois dû foumettre les principaux Hygrometres connus aux mêmes épreu- Pourquoi l'on n'a pas comparé.

ces Hygrometres avec d'autres.

ves que les miens, pour mettre les physiciens en état de juger de leur mérite respectif; mais la difficulté d'en avoir de bien construits, la longueur de ce travail & la crainte de paroître prévenu en faveur de mon ouvrage m'en ont détourné: je souhaite qu'un physicien qui en aura le loisir, & qui sera parfaitement désintéressé, veuille s'en donner la peine.

CHAPITRE III.

LA VAPEUR AQUEUSE EST-ELLE LA SEULE QUI ALONGE LE CHEVEU?

§. 72. J'ai dit, dans le Chapitre précédent, qu'un Hygrometre parfait ne seroit affecté que par les vapeurs auxquelles appartient éminemment le nom d'*humides*, c'est-à-dire, par les vapeurs aqueuſes. En effet, ſi d'autres vapeurs, des vapeurs huileuſes, par exemple, ou des exhalaiſons ſalines pouvoient faire varier l'Hygrometre, on ne ſauroit quel eſt le genre de vapeur qui auroit opéré telle ou telle variation que l'on a obſervée. J'ai donc cru devoir ſoumettre mon Hygrometre à ce nouveau genre d'épreuve; je dis *nouveau*, parce que je ne crois pas qu'on l'ait jamais tenté ſur aucun Hygrometre. Voici le procédé que j'ai ſuivi.

Introduction.

§. 73. Je prends un récipient de verre, de forme cylindrique, d'un pied de hauteur ſur quatre pouces de diametre; & je ſuſpends au-dedans un de mes Hygrometres avec ſon thermometre. Enſuite je ſuſpends le récipient lui-même, de maniere que ſon bord inférieur ſoit à deux pouces au-deſſus d'une aſſiette de verre couverte de mercure bien net à la hauteur de trois ou quatre lignes. Je laiſſe cet appareil tranquille pendant une ou deux heures dans une chambre fermée, & dont l'air ne ſouffre pas de changement ſenſible. Au bout de ce tems l'Hygrometre & le thermometre indiquent exactement le degré d'humidité & de chaleur, tant de l'air contenu dans le récipient que de celui qui l'entoure. Alors je place au milieu de l'aſſiette un petit gobelet de verre, qui contient le corps dont

Appareil employé dans ces expériences.

je veux éprouver les vapeurs, & j'abaiſſe le récipient, de maniere que ſes bords repoſent ſur le fond de l'aſſiette, & ſoient entourés de mercure. Ainſi l'Hygrometre ſe trouve renfermé avec le corps que l'on veut éprouver, & le mercure empêche toute communication avec l'air extérieur.

On comprendra ſans que j'en avertiſſe, que ſi l'air renfermé dans le récipient vient à ſe refroidir, l'Hygrometre ira à l'humide par la ſeule diminution de la force diſſolvante de l'air, lors même qu'il ne ſe ſera développé aucune vapeur nouvelle; tout comme, ſi cet air ſe réchauffe, l'Hygrometre ira au ſec ſans qu'il ſe ſoit abſorbé des vapeurs. C'eſt pour cette raiſon que je joins un thermometre à l'Hygrometre, & avant que de prononcer ſur la nature des vapeurs du corps renfermé dans le récipient, j'attends le retour du degré de chaleur qui régnoit au moment où j'ai commencé l'expérience.

Expérience préliminaire.

§. 74. Mais avant de procéder à ces expériences, j'ai commencé par éprouver le mercure ſeul, ſans ajouter aucun corps étranger, pour voir ſi l'air empriſonné pendant pluſieurs jours avec du mercure ne ſouffriroit aucune altération hygrométrique. J'ai vu qu'il n'en ſouffroit aucune lorſque le mercure étoit parfaitement pur; mais que l'Hygrometre alloit d'un demi degré ou d'un degré à l'humide dans l'eſpace de quatre à cinq jours, lorſque le mercure étoit mélangé de quelque matiere métallique capable de ternir ſa ſurface. J'ai donc toujours eu ſoin d'employer du mercure le plus pur poſſible.

Expérience avec de l'eau ou des corps qui en

§. 75. Si l'on place ſous le récipient de l'eau, ou un corps chargé d'une humidité ſurabondante, comme une carte mouillée ou une plante verte, l'Hygrometre marche à l'humide, juſques

à

à ce qu'il soit arrivé à quelques degrés près au terme de l'humidité extrême ; car il n'atteint pas tout-à-fait ce terme, parce que l'air n'étant pas entouré de toutes parts par des corps imprégnés d'eau, ne se sature pas uniformément dans toute la capacité du récipient. sont imprégnés.

Huile éthérée de térébenthine.

§. 76. Après ces expériences préliminaires, j'ai fait mes premieres épreuves sur un corps très-volatil, & d'une nature très-différente de celle de l'eau, l'huile éthérée de térébenthine; j'en ai mis dans un petit verre environ deux deniers, & j'ai placé ce verre sous le récipient. Bientôt après l'Hygrometre a commencé à aller à l'humide, d'une quantité très-petite à la vérité, mais pourtant sensible, & au bout de deux heures, quoique la chaleur de la chambre qui alloit en croissant eût fait monter le thermometre d'un degré, & que par conséquent l'Hygrometre eût dû aller au sec, il étoit cependant encore un peu plus vers l'humide qu'avant l'introduction de l'huile. Enfin, au bout de vingt-quatre heures le thermometre étant revenu exactement au même point où il étoit au commencement de l'expérience, l'Hygrometre s'est trouvé avoir marché vers l'humidité d'un degré & six dixiemes; je l'avois placé à quarante-neuf, il s'est trouvé à cinquante & six dixiemes.

La même huile soigneusement desséchée.

§. 77. Comme cette huile de térébenthine avoit été distillée sur de l'eau, j'ai soupçonné que peut-être quelques particules d'eau se seroient combinées avec elle, dans une quantité petite sans doute, mais qui pouvoit être rendue sensible par des expériences aussi délicates.

Pour vérifier ce soupçon; j'ai mis environ deux onces de la même huile dans une petite cornue de verre avec une once de

ſel de tartre calciné & deſſéché très-ſoigneuſement; j'ai diſtillé à un feu très-doux, je n'ai recueilli que la premiere moitié de l'huile eſſentielle, qui eſt paſſée parfaitement claire & ſans couleur, & j'ai répété l'expérience avec cette huile rectifiée. L'effet de ſes vapeurs ſur l'Hygrometre a toujours été ſenſible, mais plus petit de moitié que dans le premier cas; l'Hygrometre n'eſt allé à l'humide que des huit dixiemes d'un degré. Cette diminution produite par la diſtillation ſur le ſel alkali, me feroit pencher à croire que ce ſont quelques parties aqueuſes développées par l'évaporation, qui produiſent cette variation dans l'Hygrometre. Il ne feroit cependant pas impoſſible que les vapeurs huileuſes ne pénétraſſent & ne dilataſſent elles-mêmes le cheveu de cette petite quantité; ou ils ſe pourroit enfin, que ces mêmes vapeurs diminuaſſent la force par laquelle l'air tient l'eau en diſſolution, & cauſaſſent ainſi une eſpece de précipitation d'une partie de l'eau ſuſpendue dans l'air.

Au reſte, l'air renfermé dans le récipient étoit tellement ſaturé des vapeurs de l'huile de térébenthine, qu'on voyoit ces vapeurs condenſées ſur la ſurface intérieure de ce vaſe, elles étoient là ſous la forme d'une roſée compoſée de gouttes exceſſivement petites; & de même que les vapeurs aqueuſes, ſi l'on réchauffoit par dehors la portion du vaſe ſur laquelle elles s'étoient condenſées, elles en délogeoient pour aller ſe fixer ſur la place la plus froide de l'intérieur du récipient.

Le camphre.

§. 78. Le camphre a produit un effet plus petit encore; il n'a augmenté que d'un demi degré l'humidité apparente de l'air renfermé dans la cloche.

L'éther.

§. 79. L'éther m'a préſenté de ſinguliers phénomenes: j'em-

ployai d'abord de l'éther rectifié par la simple distillation, je pris les parties les plus volatiles, les plus pures, celles qui passent les premieres dans la rectification. J'en plaçai environ deux deniers sous mon récipient avec les précautions que j'ai décrites. Bientôt après cette liqueur volatile commença à se résoudre en vapeurs élastiques qui sortoient du vase par bouffées en soulevant le mercure qui entouroit ses bords, & répandoient dans la chambre l'odeur qui est propre à ce singulier produit. Dans l'espace de quatre heures, les trois quarts de mon éther étoient évaporés. Pendant ce tems-là l'Hygrometre avoit toujours marché vers l'humidité, lentement d'abord, mais plus rapidement ensuite; il n'arriva cependant pas à l'humidité extrême, il se fixa neuf degrés au-dessous.

Je trouvai au fond du petit verre le résidu de l'éther encore inflammable, mais qui après avoir brûlé, laissa en arriere une matiere onctueuse qui exhaloit une odeur très-forte d'acide sulfureux. Un crochet de cuivre jaune que j'ai fixé au sommet de la voûte intérieure du récipient, pour y suspendre les Hygrometres, étoit aussi couvert d'une matiere onctueuse qui étoit devenue verte en corrodant le métal.

§. 80. Pour purger ce même éther de l'acide & de l'eau qui l'accompagnoient, j'en rectifiai deux onces en les distillant sur un poids égal de sel alkali fixe parfaitement desséché, & j'employai un feu bien doux; car la chaleur du soleil me suffit pour cette opération. Je plaçai ma petite cornue dans l'intervalle des deux vitres d'une fenêtre à double chassis, & je fis passer le récipient dans la chambre même, au travers d'un carreau qui ferme à coulisse; au bout d'une demi heure l'éther commença à boutonner, & bientôt il vint à distiller, en donnant pres- Le même éther dépouillé de son eau surabondante.

qu'une goutte par seconde. Lorsqu'il en eut passé environ la moitié, je retirai cette premiere moitié, & je m'en servis à répéter mon expérience.

J'EN mis le poids de quarante-sept grains dans le petit verre, & au bout de trois ou quatre minutes, la vapeur élastique commença à se faire jour au travers du mercure, qui surpassoit pourtant de plus de trois lignes les bords du récipient. Les bouffées de cette vapeur se succédoient de demi minute en demi minute, & l'odeur qu'elles répandoient étoit si pénétrante, que toute la maison en étoit remplie. La chaleur de la chambre n'étoit cependant que de douze degrés & demi. Peu-à-peu les bulles devinrent plus rares, & cependant au bout de trois ou quatre heures l'éther fut tout évaporé, & le verre qui le contenoit demeura parfaitement sec.

L'HYGROMETRE dans les premiers tems, lorsque l'évaporation étoit la plus forte, marchoit lentement, mais uniformément au sec, quoique le thermometre restât constamment au même point. Au bout d'une heure & demie il avoit fait quatre degrés & une huitieme vers la sécheresse; mais dès-lors il commença à retourner à l'humide, & vingt-quatre heures après il se trouva de cinq degrés & un tiers plus à l'humide qu'il n'étoit en commençant l'expérience.

JE soulevai alors le récipient, & n'y trouvai aucun indice d'acide sulfureux, le cuivre ne paroissoit point avoir été attaqué, & le récipient exhaloit l'odeur qui est propre à l'éther; cependant lorsque j'eus introduit dans le récipient une petite bougie allumée, pour voir si l'air n'étoit point vicié, il en sortit une odeur suffocante d'acide sulfureux, quoique la bougie

eût donné pendant quelques instans dans cet air une flamme plus grande & plus vive qu'elle ne faisoit à l'air libre.

Les Chymistes verront par cette expérience combien M. Macquer est fondé à ne point regarder l'éther comme une huile pure & homogene; puisque celui-ci, rectifié avec tout le soin possible, a donné des indices si manifestes des différens principes dont il est le mêlange, & peut-être feront-ils quelquefois un heureux emploi de ce nouveau genre d'analyse.

Ce qu'il y a ici de singulier relativement à l'Hygrometre, c'est que la vapeur de l'éther le fasse aller au sec. On seroit peut-être tenté de supposer dans cette vapeur une force astringente, capable de contracter le cheveu, mais je croirois plutôt que les premieres vapeurs dans lesquelles se convertit la partie la plus pure de l'éther, sont un fluide élastique parfaitement sec, qui n'a aucune action directe sur le cheveu, mais qui entraîne avec lui hors du récipient, une partie de l'air contenu dans ce même récipient & des vapeurs aqueuses suspendues dans cet air; qu'alors le cheveu n'étant plus entouré de cet air & de ces vapeurs laisse échapper une portion de son humidité, jusques à ce que l'éther appauvri par la déperdition de ses parties les plus volatiles, commence à entraîner avec lui l'eau qu'il contient, & que cette eau mêlée avec les vapeurs de l'éther, pénetre le cheveu & l'alonge de nouveau.

Ce qui confirme cette explication, c'est que quand je répétai cette expérience en mettant quarante-sept autres grains du même éther dans une petite bouteille à col étroit, au lieu de les mettre dans un verre, l'Hygrometre n'alla au sec que de deux degrés & deux cinquiemes, c'est-à-dire, d'environ un degré trois-quarts

de moins que dans l'expérience précédente, & cela parce que l'évaporation fut plus lente & entraîna moins d'air hors du récipient; car la vapeur ne sortoit point par bouffées, mais en s'infiltrant peu-à-peu entre le mercure & le verre. L'évaporation se fit pourtant continuellement, l'éther diminuoit dans la bouteille, & l'odeur de la vapeur qui s'échappoit hors du récipient étoit si pénétrante qu'elle m'incommodoit, & que je fus obligé de porter l'appareil dans une chambre éloignée de la mienne.

L'esprit de vin.

§. 81. L'esprit de vin parfaitement rectifié n'a fait pendant les premieres heures aucune impression sur l'Hygrometre; sans doute parce que les premieres vapeurs qu'il exhale sont purement spiritueuses & ne contiennent point d'eau libre, mais celles qui suivent font marcher l'Hygrometre vers l'humidité, d'abord avec lenteur, ensuite avec plus de vîtesse, & enfin au bout de vingt-quatre heures je le trouvai tout près du terme de l'humidité extrême. Il sortit dans les commencemens quelques bulles d'air imprégné de l'odeur de l'esprit de vin; & ces bulles étoient produites par l'expansion de la vapeur spiritueuse & non par une dilatation thermométrique de l'air; car le thermometre renfermé dans le récipient ne varioit point dans ce moment là. Ces bulles furent trop peu nombreuses pour que l'air qu'elles entrainoient produisit l'effet de celles de l'éther, & fit aller l'Hygrometre au sec.

Le cuivre de l'Hygrometre se trouva terni & noirci par les vapeurs de l'esprit de vin; la petite bougie allumée que j'introduisis après cela dans le récipient y brûla fort bien; mais il en sortit ensuite une odeur acide suffocante, semblable à celle de l'esprit de Vénus. Dans toute cette expérience le thermometre se soutint entre quatorze & quinze degrés. Il paroît donc qu'à

ce degré de chaleur, il se fait aussi une décomposition spontanée de l'esprit de vin.

Huile d'olives.

§. 82. Quant aux huiles grasses, les vapeurs qui s'en élevent à ce même degré de chaleur, ne m'ont paru affecter l'Hygrometre en aucune maniere. De l'huile d'olives fine renfermée pendant vingt-quatre heures avec lui dans un récipient n'a opéré aucune variation sensible; & cependant quand j'ai levé le récipient, je l'ai trouvé rempli de l'odeur de cette huile.

Cire molle.

§. 83. La cire molle que j'emploie pour luter mes récipiens, & qui est un mélange de quatre parties de cire vierge, de deux de poix résine & d'une d'huile d'olives, ne paroît pas non plus donner des exhalaisons qui agissent sensiblement sur l'Hygrometre.

Alkali volatil concret.

§. 84. Enfin, j'ai éprouvé, & toujours de la même maniere, les exhalaisons de l'alkali volatil-concret soigneusement desséché. Comme la chaleur de la chambre augmentoit un peu pendant l'expérience, l'Hygrometre marchoit au sec; mais d'une quantité exactement correspondante à l'accroissement de la chaleur; ensorte que l'alkali volatil ne paroissoit produire aucun changement dans les modifications hygrométriques du cheveu. Cependant l'air renfermé dans le récipient étoit tellement rempli des vapeurs de ce sel, que les divisions de l'instrument qui sont gravées sur une plaque de cuivre jaune, commencérent à paroître d'un beau bleu, & peu-à-peu il se forma une efflorescence, ou plutôt une espece de malachite lisse & solide, sur toutes les parties de l'instrument où le cuivre étoit lisse & exempt de vernis. Enfin, au bout de neuf heures de séjour

dans le récipient, l'aiguille de l'Hygrometre perdit entiérement la liberté de se mouvoir, parce que la vapeur avoit attaqué le pivot sur lequel tourne cette aiguille, & l'avoit couvert de cette même malachite. Mais comme elle avoit conservé toute sa liberté pendant les premieres heures, j'en vis assez pour être assuré que la vapeur de l'alkali volatil ne pénetre point le cheveu, ou du moins n'opere sur lui ni dilatation ni contraction sensibles.

Résultat de ces expériences.

§. 85. Je crois pouvoir conclure de ces expériences, que les dimensions du cheveu ou du moins sa longueur, ne sont sensiblement affectées par aucune vapeur, si ce n'est par la vapeur aqueuse. Car je crois avoir rendu raison d'une maniere satisfaisante du desséchement produit par l'éther, & à l'égard du demi degré ou des trois quarts de degré dont l'huile de térébenthine rectifiée & le camphre ont fait varier l'Hygrometre, on doit les attribuer, ou à quelques particules d'eau que l'évaporation dégage de ces substances, ou à quelqu'inexactitude dans l'expérience même. Car il est bien difficile de concevoir, que si ces substances avoient réellement le pouvoir d'agir sur le cheveu, leur action se bornât à un effet aussi minime, tandis que leurs vapeurs renfermées avec lui pendant plusieurs heures l'entourent & le pressent de toutes parts.

Nous pouvons donc sans danger d'erreur regarder les variations de l'Hygrometre à cheveu comme dépendantes bien réellement de l'eau, & de l'eau seule ou de sa vapeur.

Mais ces variations sont-elles proportionnelles à la quantité d'eau qui est contenue dans l'air? C'est ce que nous examinerons, dès que nous aurons considéré les effets de la chaleur sur l'air & sur l'Hygrometre destiné à mesurer son humidité.

CHAPITRE

CHAPITRE IV.

DES EFFETS HYGROMÉTRIQUES DE LA CHALEUR SUR L'AIR ET SUR LE CHEVEU.

§. 86. DANS le Chapitre V du précédent Essai, j'ai fait voir que la chaleur produit en même tems sur le cheveu deux effets contraires; qu'elle le dilate par l'insinuation des particules du feu entre ses élémens, & qu'elle le contracte en volatilisant & en expulsant hors de lui des parties d'eau qui augmentoient son volume. J'ai tâché dans le même chapitre d'évaluer l'effet pyrométrique. Il s'agit dans celui-ci de déterminer l'effet hygrométrique, effet qui est presque toujours modifié par l'augmentation que la force dissolvante de l'air reçoit de la chaleur. Je commencerai par faire sentir l'importance de cette détermination. Exposition du sujet.

§. 87. APRÈS une forte rosée, qui a couvert la surface de la terre d'une humidité abondante, & qui a fait aller les Hygrometres à l'extrêmité de leur échelle; le soleil se leve, l'air se réchauffe, les Hygrometres vont au sec, il ne paroît plus, ni sur la terre, ni dans l'air aucun vestige d'humidité. Qu'on dise à un homme qui n'est pas physicien, qu'alors au milieu du jour, quand un soleil ardent desséche & brûle les campagnes, l'air contient réellement plus d'eau qu'il n'en contenoit dans le moment où il distilloit cette rosée bienfaisante; cet homme croira qu'on veut se jouer de sa crédulité; il faudra bien des notions préliminaires pour le mettre en état de comprendre que cet air animé par la chaleur est devenu capable de se charger d'une plus grande quantité d'eau; que l'eau de la rosée n'a pas été anéantie par la chaleur; mais qu'elle a été repompée par Utilité de ces recherches.

l'air, qui contient par conféquent une quantité de vapeurs d'autant plus grande.

Mais fi cet homme, tout en avouant ces principes, répondoit au phyficien, qu'il a régné dans la matinée un petit vent de nord, qui peut-être étoit affez fec par lui-même pour balayer & entraîner toute cette rofée, & laiffer ainfi un air moins aqueux, moins chargé d'eau que celui du matin; comment le phyficien réfoudroit-il ce doute? Il ne le pourroit certainement qu'en employant un grand appareil d'expériences, telles que celles que j'ai décrites au commencement du Chapitre III. Cependant la feule infpection de l'Hygrometre & du thermometre lui donneroit fur-le-champ une réponfe fatisfaifante, fi la marche de l'Hygrometre & la maniere dont elle eft modifiée par la chaleur, lui étoient parfaitement connues.

C'est fur-tout en montant & en defcendant de hautes montagnes que j'ai defiré la folution de ce problême. Je voyois fouvent, à mefure que je montois, l'Hygrometre aller à l'humide & le thermometre au froid, & je me demandois fans ceffe à moi-même, cette humidité croiffante eft-elle uniquement l'effet du refroidiffement de l'air, ou l'air eft-il réellement plus chargé d'eau fur ces hauteurs qu'il ne l'eft dans les plaines? ou bien ne feroit-il pas encore poffible, que malgré cette humidité apparente, il contint moins d'eau que l'air des vallées?

Il eft évident, que fi l'on favoit, combien dans tel ou tel état de l'Hygrometre, tel ou tel degré de chaleur doit, indépendamment de toute autre caufe, faire aller cet Hygrometre au fec, il fuffiroit de voir, fi dans une circonftance donnée, il a fait vers la féchereffe plus ou moins de chemin qu'il ne devoit

faire par la seule action de la chaleur; le résultat de cet examen indiqueroit sur-le-champ, si c'est la chaleur seule, ou bien un changement réel dans la quantité des vapeurs qui a fait varier l'instrument.

§. 88. Il faut donc, pour trouver par la voie de l'expérience la solution de ces problêmes, situer un Hygrometre de maniere que cet instrument & l'air qui l'entoure n'éprouvent d'autre changement que celui de la chaleur: il faut qu'aucune vapeur nouvelle ne puisse venir se mêler à cet air, & qu'aucune de celles qu'il contient ne puisse l'abandonner.

Elles doivent être faites dans des vases fermés.

Il est donc indispensable de faire ces expériences dans des vases clos; & certes malgré le mépris qu'un physicien célebre a témoigné pour les expériences faites sur l'air dans des vases clos, je crois que nous n'aurons jamais de bonne théorie des modifications de l'air qu'on n'en ait étudié tous les principes dans des vases fermés. Car ce fluide si mobile, si facilement renouvellé, susceptible de se mêler avec tant de substances différentes, ne peut être bien étudié que quand on le tient sous sa main renfermé dans des vases, & avec des corps dont on connoît bien la nature; c'est un prothée, qui ne nous révélera les vérités qu'il cache, que quand il sera soigneusement garotté.

§. 89. Mais j'avoue qu'il faut faire ces expériences dans les vases les plus grands possibles, aussi quoique j'aie fait un grand nombre d'épreuves dans de petits vaisseaux, je ne leur ai accordé un certain degré de confiance que quand elles ont été confirmées par celles qui ont été faites dans un ballon de quatre pieds cubes de contenance, & si j'eusse pu m'en procurer un plus grand, je l'aurois employé avec encore plus de plaisir.

Procédé mis en usage.

Le procédé eſt fort ſimple; il ne ne s'agit que de ſuſpendre dans un ballon ou dans un récipient, un ou deux Hygrometres avec un ou deux thermometres bien ſenſibles; de les renfermer là de maniere qu'il ne puiſſe ni entrer, ni ſortir, ni ſe produire, ni s'abſorber aucune vapeur aqueuſe; de faire enſuite ſubir à ce ballon des alternatives de chaud & de froid, & d'obſerver avec ſoin la marche correſpondante des Hygrometres & des thermometres. Mais ſi l'on veut de l'exactitude, ces recherches coûteront du tems & du travail; premiérement parce qu'il faut, comme je l'ai dit, §. 65, beaucoup de tems à l'Hygrometre, pour ſe mettre en équilibre avec un air renfermé; le même inſtrument qui, dans moins d'un quart d'heure, vient à exprimer exactement le degré d'humidité de l'air libre, demeure pluſieurs heures à indiquer le degré précis d'humidité d'un air renfermé (1), au moins lorſque cet air eſt deſſéché à un certain point; car lorſqu'il eſt très-humide il ſe met très-promptement à l'uniſſon avec lui. J'ai donc toujours eu ſoin dans chaque expérience de laiſſer l'appareil dans un lieu dont la température ne changeât pas d'une maniere ſenſible, juſqu'à ce que j'euſſe vu l'Hygrometre demeurer fixe au même terme pendant pluſieurs heures. Et je ne tenois pas une obſervation pour bonne, que le paſſage du froid au chaud ne m'eût donné dans les mêmes circonſtances la même variation que le paſſage du chaud au froid. Cette attention eſt ſur-tout importante lorſqu'on a introduit une très-petite doſe d'humidité dans un vaſe qui contient de l'air très-ſec, par exemple au vingtieme, trentieme & même au quarantieme degrés de mon échelle. Alors dans les premiers tems le paſſage du chaud au froid fait marcher l'Hygrometre plus à

(1) Ce qui prouve que cette lenteur doit être attribuée à l'air & non point à l'inſtrument, c'eſt que dans le vuide l'Hygrometre à cheveu fait ſes variations avec une promptitude ſinguliere, comme nous le verrons dans le Chapitre VI de cet Eſſai.

l'humide, qu'un semblable passage du froid au chaud ne le fait marcher au sec ; mais peu-à-peu l'égalité s'établit, & enfin quand l'humidité est uniformément distribuée entre l'air & le cheveu, ces effets deviennent parfaitement égaux.

Enfin, il ne suffit pas de faire cette expérience pour tel ou tel degré d'humidité; car l'influence de la chaleur n'est point la même dans les différens degrés d'humidité & de sécheresse. La chaleur n'opere que de petites variations sur l'Hygrometre lorsqu'il est très-sec ; elle en opere de très-grandes quand il est humide.

J'ai donc commencé par dessécher l'air du ballon jusqu'à ce que l'Hygrometre descendît environ au vingt-cinquieme degré de mon échelle (1). Lorsqu'il s'est bien fixé à ce terme, j'ai éprouvé les variations que quatre ou cinq degrés de chaleur tantôt en plus, tantôt en moins lui faisoient subir dans cet air desséché. Je dis *quatre ou cinq degrés*, parce que les erreurs de l'observation & les défauts des instumens, produiroient des écarts trop considérables, si l'on prenoit des différences beaucoup plus petites, & que d'un autre côté l'on ne saisiroit pas bien la loi que suivent les variations, si l'on faisoit ces différences beaucoup plus grandes.

Après avoir ainsi observé les variations de l'Hygrometre dans un air très-sec, lorsque j'ai voulu observer celles qu'il fait dans

(1) Je n'ai fait ces recherches que pour les degrés d'humidité supérieurs au vingt-cinquieme, à cause de l'opiniâtreté avec laquelle l'air retient le peu d'humidité qui lui reste à ce point de desséchement, & du tems qu'il faut pour que cette humidité se distribue également entre lui & le cheveu. D'ailleurs, ces recherches auroient été à-peu-près inutiles ; car sûrement on ne verra jamais l'Hygrometre indiquer en plein air un degré de sécheresse au-dessus du vingt-cinquieme.

un air moins ſec ou plus humide, j'ai introduit dans le ballon une carte légerement humectée, que j'ai retirée dès que j'ai vu l'Hygrometre commencer à être affecté par ſon humidité; alors j'ai ſcellé de nouveau le ballon, j'ai laiſſé à ces nouvelles vapeurs le tems de ſe diſtribuer bien également, & de ſe mettre en équilibre dans l'air & dans le cheveu; & celui-ci ayant ainſi fait quatre ou cinq pas vers l'humidité, j'ai de nouveau éprouvé la variation que lui feroient ſubir quatre ou cinq degrés d'augmentation ou de diminution de chaleur. J'ai procédé ainſi graduellement juſqu'à la ſaturation parfaite. Après avoir répété diverſes fois ces épreuves, j'ai rejeté le petit nombre d'obſervations, dont les écarts majeurs prouvoient quelqu'erreur ou quelque négligence, j'ai pris des moyennes entre celles dont l'accord inſpiroit plus de confiance, & j'ai tâché de faire paſſer des lignes régulieres par tous les points que j'avois ainſi déterminés par des obſervations immédiates.

§. 90. *Table des différentes variations qu'un degré* (1) *de chaleur produit dans l'Hygrometre à cheveu, suivant le degré d'humidité qu'il indique.*

Degrés de l'Hygr.	*Variations pour un degré de chaleur.*	*Degrés de l'Hygr.*	*Variations pour un degré de chaleur.*	*Degrés de l'Hgr.*	*Variations pour un degré de chaleur.*
25	0, 450	50	1, 283	75	2, 145
26	0, 483	51	1, 316	76	2, 196
27	0, 517	52	1, 350	77	2, 251
28	0, 550	53	1, 383	78	2, 311
29	0, 583	54	1, 416	79	2, 374
30	0, 616	55	1, 450	80	2, 441
31	0, 650	56	1, 483	81	2, 494
32	0, 683	57	1, 516	82	2, 545
33	0, 716	58	1, 550	83	2, 594
34	0, 750	59	1, 583	84	2, 642
35	0, 783	60	1, 616	85	2, 689
36	0, 816	61	1, 650	86	2, 734
37	0, 850	62	1, 683	87	2, 777
38	0, 883	63	1, 716	88	2, 819
39	0, 916	64	1, 750	89	2, 860
40	0, 950	65	1, 783	90	2, 899
41	0, 983	66	1, 816	91	2, 937
42	1, 016	67	1, 850	92	2, 973
43	1, 050	68	1, 883	93	3, 008
44	1, 083	69	1, 916	94	3, 042
45	1, 116	70	1, 950	95	3, 074
46	1, 150	71	1, 983	96	2, 427
47	1, 183	72	2, 016	97	1, 780
48	1, 216	73	2, 054	98	1, 552
49	1, 250	74	2, 098	99	1, 324
				100	1, 096

(1) Je crois devoir encore avertir ici, que le thermometre auquel ces degrés se rapportent est celui qui porte le nom de M. de REAUMUR ; c'est-à-dire, un thermometre de mercure, dans lequel la glace fondante est marquée 0, & l'eau bouillante à vingt-sept pouces du barometre, quatre-vingt.

Je dois aussi observer, que l'influence d'un degré de chaleur sur l'Hygrometre est la même dans toutes les températures, du moins depuis le septieme degré au-dessous de la congélation, jusqu'au vingtieme au-dessus.

On voit dans cette table que lorſque l'Hygrometre eſt au 27e. degré de ſon échelle, un degré de variation dans la température de l'air fait varier cet Hygrometre d'environ un demi degré ; qu'au 42e. degré les variations ſont égales dans les deux inſtrumens ; c'eſt-à-dire, qu'une différence d'un degré dans le thermometre, produit auſſi une différence d'un degré dans l'Hygrometre ; mais que les variations de celui-ci deviennent doubles au 72e. degré & triples au 93e.

Et ſi l'on obſerve les gradations par leſquelles ſe font les accroiſſemens des variations hygrométriques, on verra que depuis le 25 juſqu'au 72e. degrés ils croiſſent en progreſſion arithmétique, & que dans cet intervalle, la différence entre deux termes qui ſe touchent eſt par-tout de la trentieme d'un degré : que du 72e. au 85e. cette différence n'eſt plus la même ; mais qu'elle croît d'un terme à l'autre en progreſſion arithmétique ; que ſon accroiſſement le plus rapide eſt de 72 à 80 degrés ; qu'il l'eſt moins entre 80 & 89, & moins encore entre 89 & 95 ; qu'enfin à 95 degrés ſe trouve le maximum de ces variations, qu'elles diminuent bruſquement à 96, & diminuent enſuite graduellement juſqu'à 100.

Il eût été plus élégant de faire paſſer une courbe uniforme & réguliere par toutes ces variations ; mais ici, comme par-tout ailleurs, je me ſuis impoſé la loi de ſuivre pied à pied l'expérience, ſans prétendre l'aſſujettir à des idées métaphyſiques de régularité & de ſymmétrie. Or, de tous les nombres exprimés dans cette table depuis 25 juſqu'à 98, il n'en eſt pas un ſeul qui s'écarte d'une dixieme de degré de la moyenne entre les expériences faites à ce même degré. Mais je n'ai pu faire aucune expérience exacte pour le 99 & le 100e. degrés, parce que

que l'Hygrometre ne vient à ces termes que quand les parois du vase qui le renferme sont absolument mouillées ; or, on sent très-bien que dès qu'il y a de l'humidité superflue dans un vase, il n'est plus propre à une expérience de ce genre. J'ai donc supposé que la variation décroissoit de 98 à 99 & de 99 à 100 de la même quantité que de 97 à 98, quantité que je connoissois par l'expérience ; & quelques épreuves, imparfaites à la vérité, que j'ai tentées à ces termes, me donnent lieu de croire que les nombres que j'ai supposés ne different pas beaucoup des vrais.

§. 91. Pour faire usage de cette table, il faut se ressouvenir de sa destination, qui est de rappeller à une commune mesure des observations hygrométriques faites à des degrés de chaleur différens, ou de faire connoître les degrés qu'eussent indiqué les Hygrometres, si le degré de chaleur eût été le même dans les différens lieux où ils ont été observés. Ainsi je suppose que dans la plaine, l'Hygrometre fût à 80 degrés & le thermometre à 15 ; tandis que sur la montagne l'Hygrometre seroit à 96 & le thermometre à 7 ; & qu'on voulût savoir de quel côté l'air contient réellement la plus grande quantité d'eau ; il faudroit pour le connoître, chercher le degré auquel viendroit l'Hygrometre sur la montagne, si l'air sans subir aucun autre changement que celui de sa température s'élevoit du 7e. au 15e. degré de chaleur ; ou bien le degré auquel viendroit l'Hygrometre de la plaine, si l'air se refroidissoit au point de faire descendre le thermometre du 15e. au 7e. degré. Je vois par la table, que quand l'Hygrometre est à 80 degrés, le premier degré de refroidissement le fait hausser de 2 & 441, ou le fait venir environ à $82\frac{1}{2}$, que le second degré de froid le fait venir à 85, le troisieme à $87\frac{2}{3}$; le quatrieme à $90\frac{1}{3}$; le cinquieme à $93\frac{1}{4}$; le sixieme à $96\frac{1}{4}$; Usage de cette table.

là, le feptieme le fait venir un peu au-delà de 98 ; enfin le huitieme & dernier degré de refroidiffement le ramene tout près de 100 ou du terme de faturation ; d'où il fuit que quoique l'Hygrometre marque 16 degrés d'humidité de plus fur la montagne, l'air qu'on y refpire contient réellement moins d'eau ou de vapeurs que celui de la plaine.

On peut de la même maniere comparer entr'elles des obfervations faites dans le même lieu en différens tems.

On voit encore par ce même exemple, qu'au moyen de cette table, l'Hygrometre à cheveu peut fervir à indiquer la diftance à laquelle l'air fe trouve du point de faturation ; c'eft-à-dire, de combien de degrés il faudroit qu'il fe refroidît pour commencer à donner de la rofée, ou à dépofer une partie des vapeurs dont il eft chargé.

Autre table fervant à des ufages analogues.

§. 92. Mais pour abréger & faciliter encore davantage les calculs de ce genre, j'ai conftruit la table fuivante, dont la premiere colonne contient les degrés de l'Hygrometre ; la feconde qui eft l'inverfe de la table précédente, indique pour chacun de ces degrés la quantité dont il faudroit que la chaleur variât pour faire varier l'Hygrometre d'un degré ; & la troifieme, dont chaque terme eft la fomme de celui qui lui correfpond & de tous ceux qui le fuivent dans la feconde colonne, indique le degré de faturation de l'air.

Ainsi, lorfque l'Hygrometre fera à 71 degrés, fi je confulte cette table, le nombre 0, 504, qui dans la feconde colonne eft vis-à-vis de 71, m'apprend qu'à ce degré d'humidité, un demi degré d'augmentation ou de diminution dans la chaleur de l'air

suffit pour faire varier l'Hygrometre d'un degré entier ; & le nombre 12, 333 qui lui correspond dans la troisieme colonne, m'apprend qu'à ce même terme, si l'air se refroidissoit de 12 degrés & $\frac{1}{3}$, l'Hygrometre viendroit à 100, & l'air seroit sur le point de déposer de la rosée.

De même, je vois qu'à 40 degrés, qui est le terme de la plus grande sécheresse que j'aie jamais observée à l'air libre, il faut 1 degré & une 20e. de changement dans le thermometre, pour opérer un degré de variation dans l'Hygrometre, & qu'il faudroit que l'air se refroidît de 34 degrés $\frac{7}{10}$ pour arriver au point de saturation.

Table des différentes augmentations ou diminutions de chaleur néceſſaires pour faire varier l'Hygrometre d'un degré, ſuivant le point où il ſe trouve; & du nombre de degrés de refroidiſſement néceſſaires pour l'amener au point de ſaturation.

I.	II.	III.	I.	II.	III.	I.	II.	III.
Deg. de l'Hy-	*Variat. du thermomet. correſp. à* 1 *d. de l'Hgr.*	*Diſtance du terme de ſaturation.*	*Deg. de l'Hy.*	*Variat. du thermomet. correſp. à* 1 *d. de l'Hgr.*	*Diſtance du terme de ſaturation.*	*Deg. de l'Hy.*	*Variat. du thermomet. correſp. à* 1 *d. de l'Hgr.*	*Diſtance du terme de ſaturation.*
25	2, 222	57, 712	50	0, 779	25, 534	75	0, 466	10, 370
26	2, 070	55, 490	51	0, 760	24, 755	76	0, 455	9, 904
27	1, 934	53, 420	52	0, 741	23, 995	77	0, 444	9, 449
28	1, 818	51, 486	53	0, 723	23, 254	78	0, 433	9, 005
29	1, 715	49, 668	54	0, 706	22, 531	79	0, 421	8, 572
30	1, 623	47, 953	55	0, 690	21, 825	80	0, 410	8, 151
31	1, 538	46, 330	56	0, 674	21, 135	81	0, 401	7, 741
32	1, 464	44, 792	57	0, 660	20, 461	82	0, 393	7, 340
33	1, 397	43, 328	58	0, 645	19, 801	83	0, 386	6, 947
34	1, 333	41, 931	59	0, 632	19, 156	84	0, 379	6, 561
35	1, 277	40, 598	60	0, 619	18, 524	85	0, 372	6, 182
36	1, 225	39, 321	61	0, 606	17, 905	86	0, 366	5, 810
37	1, 176	38, 096	62	0, 594	17, 299	87	0, 360	5, 444
38	1, 133	36, 920	63	0, 583	16, 705	88	0, 355	5, 084
39	1, 092	35, 787	64	0, 571	16, 122	89	0, 350	4, 729
40	1, 053	34, 695	65	0, 561	15, 551	90	0, 345	4, 379
41	1, 017	33, 642	66	0, 551	14, 990	91	0, 340	4, 034
42	0, 984	32, 625	67	0, 540	14, 439	92	0, 336	3, 694
43	0, 952	31, 641	68	0, 531	13, 899	93	0, 332	3, 358
44	0, 923	30, 689	69	0, 522	13, 368	94	0, 328	3, 026
45	0, 896	29, 766	70	0, 513	12, 846	95	0, 325	2, 698
46	0, 869	28, 870	71	0, 504	12, 333	96	0, 412	2, 373
47	0, 845	28, 001	72	0, 496	11, 829	97	0, 562	1, 961
48	0, 822	27, 156	73	0, 487	11, 333	98	0, 644	1, 399
49	0, 800	26, 334	74	0, 476	10, 846	99	0, 755	0, 755

§. 93. Ces tables ont encore l'avantage de dispenser de toute correction pour les dilatations & contractions pyrométriques du cheveu. On a toujours craint, que dans les Hygrometres de ce genre, la chaleur n'agît sur la matiere de l'Hygrometre, comme sur un corps métallique; qu'elle ne la dilatât, ne l'alongeât, & que cette dilatation, effet de la chaleur, ne fût attribuée à l'humidité. Dans le Chapitre V, du premier Essai, nous avons considéré le cheveu sous ce point de vue, & nous avons déterminé la quantité de son alongement pour un degré de chaleur donné. Mais si en comparant des observations faites à différens degrés de chaleur, on emploie les corrections tirées des deux tables précédentes, on pourra négliger entiérement ces considérations, parce que chacune des observations qui a servi à former ces tables étoit l'expression de la différence entre l'action pyrométrique & l'action hygrométrique de la chaleur, & donnoit par conséquent le résultat final de l'action du chaud & du froid sur l'Hygrometre. Ainsi, lorsque j'ai observé que quand l'Hygrometre étoit à 41 ou 42 degrés, un degré de chaleur le faisoit marcher d'un degré vers la sécheresse; je sais que dans ces circonstances la contraction produite par l'évaporation surpasse tellement la dilatation produite par la chaleur, que l'effet final qui en résulte, est une contraction d'un degré. Je n'ai donc besoin d'aucune correction ultérieure.

L'usage de ces tables dispense de toute autre correction.

§. 94. Avant de terminer ce Chapitre, il nous reste à considérer la raison de l'inégalité des variations de l'Hygrometre. Pourquoi les influences de la chaleur deviennent-elles plus grandes à mesure que le cheveu est plus humide? Ce phénomene paroît dépendre de la nature de cette affinité, à laquelle j'ai donné le nom d'affinité hygrométrique, §. 41, 42, 43. La

Pourquoi le cheveu est plus affecté par la chaleur quand il est plus humide.

force avec laquelle le cheveu tend à abſorber les vapeurs qui nagent dans l'air ou à retenir l'eau dont il eſt lui-même pénétré, eſt d'autant plus grande, qu'il en contient moins; d'autant moins efficace, qu'il eſt plus près d'en être ſaturé.

Lors donc que le cheveu eſt très-humide, il ne retient que foiblement l'eau dont il eſt abreuvé, enſorte que la plus foible chaleur ſuffit pour lui en enlever une portion conſidérable, & pour la réſoudre en vapeurs élaſtiques. Mais à meſure qu'il ſe deſſéche, ſon affinité avec l'eau qui lui reſte prend des forces plus grandes, & il faut un plus haut degré de chaleur pour la ſéparer de lui.

Limites de cette augmentation.

§. 95. Pourquoi donc cette influence de la chaleur diminue-t-elle paſſé le 15e degré; c'eſt que les derniers degrés d'extenſion que le cheveu reçoit de l'humidité paroiſſent exiger une plus grande quantité d'eau; il faut qu'il ſoit gorgé d'humidité & preſque mouillé, pour arriver exactement au terme de l'humidité extrême, & par conſéquent il faut un degré de chaleur plus conſidérable pour volatiliſer toute cette quantité d'eau; c'eſt-là une imperfection que le cheveu tient de ſa lotion dans les ſels alkalis; car dans ceux qui ont été trop fortement leſſivés, ce défaut eſt beaucoup plus ſenſible; ils exigent pour arriver à leur terme d'humidité un ſéjour beaucoup plus long dans les vapeurs, & une abondance d'humidité beaucoup plus grande; & auſſi la diminution des effets de la chaleur dans le voiſinage de ce même terme eſt-elle plus conſidérable chez eux. C'eſt une des raiſons qui m'a engagé à déterminer avec beaucoup de ſoin la maniere dont j'ai leſſivé les cheveux qui ont ſervi à toutes mes expériences, & qui les approprie le mieux à l'Hygrometre. J'aurois même préféré de me paſſer entiérement de cette opération; & quelques moyens méchaniques auroient

pu suppléer à la sensibilité qu'elle donne au cheveu ; mais elle a le grand avantage de le corriger de la rétrogradation, §. 15, qui est toujours plus ou moins sensible dans les cheveux cruds, & qui peut produire des erreurs proportionnellement plus grandes lorsque les variations directes sont moins étendues.

Ces tables ne peuvent servir que pour l'Hygrometre à cheveu.

§. 96. Au reste, je dois avertir que ces tables ne peuvent servir que pour l'Hygrometre à cheveu ; du moins seroit-ce un bien grand hasard si d'autres corps suivoient les mêmes loix dans des variations qui sont les résultats des effets réunis de l'eau & du feu ; il faudroit pour cela qu'il y eût entre ces corps & le cheveu une identité d'affinités & de structure qu'il est bien difficile d'espérer.

Et ce qui rend plus probable encore, que ces loix sont différentes dans des corps différens, c'est qu'elles ne sont point exactement les mêmes dans les cheveux inégalement lessivés. Ceux qui le sont trop sont plus affectés par la chaleur dans les degrés compris entre le 70 & le 97e. de mon échelle, & ils le sont moins dans tous les autres termes. Mais ceux qui ont été lessivés, en suivant exactement le procédé décrit dans le Chapitre II du premier Essai, suivent tous la loi exprimée dans la table ci-jointe, ou ne s'en écartent, du moins, que d'une quantité peu considérable. Les Physiciens qui voudront ou faire usage de cette table telle qu'elle est, ou vérifier les expériences dont elle donne les résultats, doivent donc commencer par s'assurer que le cheveu de leur Hygrometre a été lessivé au même point que les miens, ou ce qui revient au même, que de la sécheresse à l'humidité extrême, il s'alonge de 3 lignes ½ par pieds, ou plus exactement de la 0, 0245e. de sa longueur.

CHAPITRE V.

QUEL RAPPORT Y A-T-IL ENTRE LES DEGRÉS DE L'HYGROMETRE, ET LA QUANTITÉ D'EAU CONTENUE DANS L'AIR?

Introduction.

§. 97. NOUS avons vu, §. 59, qu'une des propriétés d'un Hygrometre parfait, feroit d'avoir une marche exactement proportionnelle à la quantité d'eau ou de vapeurs que l'air renferme.

MAIS un Hygrometre pourroit encore être très-bon fans cette propriété, fi l'on venoit à bout de déterminer par des expériences exactes, le rapport de tous fes degrés avec la quantité des vapeurs. C'eft ce que j'ai tenté de faire pour mon Hygrometre : mais on verra que ce travail difficile eft encore bien loin de fa perfection.

Recherches fur la quantité d'eau que peut diffoudre un pied cube d'air.

§. 98. J'AI cru devoir commencer par rechercher quelle eft à-peu-près la quantité d'eau néceffaire pour faturer un volume donné, par exemple, un pied cube d'air; afin de divifer enfuite cette quantité en un certain nombre de parties égales, d'introduire fucceffivement ces parties dans un volume d'air connu; de conduire ainfi cet air par des pas égaux depuis la féchereffe jufqu'à l'humidité extrême, & d'obferver en même tems la marche de l'Hygrometre.

Idée générale du procédé à fuivre dans ces recherches.

§. 99. CE problême préliminaire, celui de déterminer la quantité abfolue d'eau qui eft contenue dans un volume donné d'air exige néceffairement un Hygrometre très-fenfible, & dans lequel les points extrêmes d'humidité & de féchereffe foient très-exactement déterminés. Or, l'Hygrometre à cheveu poffede

ces

ces qualités dans le degré le plus éminent. Il semble donc qu'avec son secours ce problême doit être très-facile à résoudre; qu'il suffit d'avoir un grand vase, de renfermer dans ce vase un Hygrometre à cheveu, de dessécher parfaitement l'air de ce vase, d'y introduire ensuite une quantité connue d'eau, d'épier la marche de l'Hygrometre, de saisir l'instant où il aura atteint le terme de l'humidité extrême, & de voir alors la déperdition qu'aura souffert l'eau que l'on avoit introduite; cette déperdition indiquera la quantité d'eau que l'air a dissoute, & le rapport de la capacité du vase avec un pied cube étant connu, on connoîtra la quantité d'eau contenue dans un pied cube d'air saturé d'humidité.

Mais cette expérience doit être faite avec les précautions les plus réfléchies, si l'on veut pouvoir en conclure quelque chose de certain.

§. 100. D'abord il faut que, ni la substance même du vase, ni aucun des corps qui s'y trouveront renfermés ne soient capables ou de donner ou d'absorber des exhalaisons aqueuses; car si des vapeurs sortant de ces corps se joignoient à celles de l'eau que l'on introduira dans le vase, il faudroit d'autant moins de cette eau pour saturer l'air qui y seroit contenu. Et si au contraire, il se trouvoit là quelque corps capable d'en absorber, l'air paroîtroit avoir consumé plus d'eau qu'il n'en auroit réellement absorbé. Il faut donc n'y laisser ni bois, ni papier, ni cuir, & sur-tout si l'on desséche l'air par le moyen des sels absorbans, il ne faut pas qu'il reste dans le vase le moindre atome de ces sels. Premiere précaution à prendre.

§. 101. Il faut ensuite une extrême attention à ne pas laisser Seconde précaution.

l'eau dans le vaſe au-delà du terme de ſaturation; car quoique l'air ſoit ſaturé, elle continue de s'évaporer & va s'attacher ſous la forme de roſée contre les parois du vaſe. Il faut même employer les plus grand ſoins, pour que le vaſe ſoit environné d'un air dont la température ſoit bien par-tout la même; car ſi quelqu'une des parties de ce vaiſſeau étoit plus froide que les autres, ne fût-ce que d'un degré, on ne parviendroit jamais à ſaturer l'eau d'air qu'il renferme, les vapeurs iroient continuellement s'attacher à cette partie froide, dans le tems même ou l'Hygrometre témoigneroit qu'il eſt encore éloigné de 10 à 12 degrés de ſon terme de ſaturation. Le ſeul moyen d'éviter cet inconvénient, c'eſt de placer ce vaſe dans un lieu où il ne vienne ni froid ni chaleur d'un côté plutôt que de l'autre, & il faut même ou le ſuſpendre dans l'air, ou le placer ſur un ſupport qu'il ne touche que par un petit nombre de points; autrement les parties du vaſe contigues au ſupport ſuivent toujours plus lentement que les autres les variations de l'air extérieur, il en réſulte néceſſairement des inégalités de température, & par conſéquent cette roſée que l'on veut éviter. Et même avec tous ces ſoins, il ne faut pas ſe flatter de pouvoir amener l'air au point de ſaturation parfaite, ſans que les vapeurs commencent à ſe dépoſer quelque part ſur les parois intérieures du vaſe; il vaut mieux reſter de 4 ou 5 degrés au-deſſous de ce point, & juger par analogie de la quantité d'eau qu'il auroit fallu pour compléter ſa ſaturation.

Troiſieme précaution.

§. 102. Il faut enfin que l'Hygrometre renfermé dans le vaſe où ſe fait cette expérience porte avec lui un thermometre très-ſenſible monté ſur métal, & obſerver avec beaucoup de préciſion, le degré de chaleur qu'indique ce thermometre dans le moment où l'on juge l'air ſuffiſamment ſaturé, parce que la

quantité d'eau que l'air peut dissoudre varie beaucoup suivant le degré de chaleur de cet air.

Les autres précautions, comme d'employer un vase parfaitement propre, de le tenir exactement fermé, de faire usage de balances très-mobiles & très-justes, d'opérer avec la plus grande célérité possible, &c. &c. annoncent d'elles-mêmes leur nécessité.

§. 103. J'ai fait mes premieres épreuves dans des ballons de verre, les uns d'un pied, les autres de 15 à 16 pouces de diametre ; & la moyenne entre plusieurs expériences m'a donné 11 à 12 grains par pied cube ; c'est-à-dire, que de l'air desséché autant qu'il pouvoit l'être dans cet appareil, environ à 8 ou 10 degrés de mon échelle, n'exigeoit pour sa parfaite saturation qu'une quantité d'eau équivalente environ à 11 grains par pied cube, & cela à 14 ou 15 degrés du thermometre divisé en 80 parties.

Résultat de mes premieres expériences.

§. 104. Ce résultat étonnera beaucoup ceux qui auront lu les expériences de M. Lambert. Ce célebre mathématicien a cru que l'air pouvoit absorber à-peu-près la moitié de son poids d'eau, c'est-à-dire, jusqu'à 342 grains par pied cube. Mais malgré la confiance que méritent en général les assertions d'un homme tel que lui, je crois pouvoir assurer qu'il a été induit en erreur par la raison que j'ai donnée plus haut, §. 101, c'est qu'il n'a pas fait attention que l'évaporation continue même après la saturation complete de l'air, lorsque la vapeur, à mesure qu'elle se forme, se condense contre quelqu'une des parois du vase qui la tient renfermée. Or, la plus légere inadvertance de ce genre pouvoit entraîner une erreur très-considérable, parce que le vase dans lequel M. Lambert faisoit cette épreuve,

Résultats différens obtenus par M. Lambert.

n'avoit que 39 pouces cubes de contenance, c'eſt-à-dire, la 44e. partie d'un pied cube; enſorte qu'une erreur d'un ſeul grain dans l'expérience en produiſoit une de 44 ſur le pied cube (*l'Académie de* Berlin, 1769. Eſſai d'Hygrométrie de M. Lambert, §. 60, 64.) Quand on fait cette épreuve avec un Hygrometre à cheveu renfermé dans le vaſe, il eſt très-aiſé d'éviter cette erreur; l'aiguille en s'approchant du terme de l'humidité extrême vous avertit de vous tenir ſur vos gardes, & de ne pas laiſſer trop long-tems dans le vaſe l'eau ou le corps qui ſe réduit en vapeurs; au lieu que la corde de boyau de l'Hygrometre qu'employoit M. Lambert ne marquant point le terme de l'humidité extrême, & ne ceſſant point de ſe détordre quand l'air eſt complétement ſaturé, induit l'obſervateur en erreur, & lui fait croire que l'humidité augmente, lors même qu'elle n'eſt plus ſuſceptible d'augmentation.

Réponſe à un doute qui pourroit s'élever.

§. 105. Et ſi l'on avoit quelque doute ſur le terme d'humidité de l'Hygrometre à cheveu, ſi l'on ſoupçonnoit que peut-être l'Hygrometre l'indique avant que l'air ſoit parfaitement ſaturé, je leverois entiérement ce doute, en aſſurant que j'ai ſouvent eſſayé de laiſſer l'eau dans le vaſe, depuis que l'Hygrometre étoit venu au terme de ſaturation, & que conſtamment j'ai vu, quand le ballon étoit bien net & bien clair, des gouttes de roſée commencer alors à ſe dépoſer ſur quelque point de la ſurface intérieure du ballon. Or, cette roſée prouvoit que l'air étoit complétement ſaturé, puiſqu'il abandonnoit des vapeurs à meſure qu'il s'en formoit de nouvelles. Si par le contact ou le frottement de la main, je réchauffois doucement par dehors la partie du vaſe à laquelle ces petites gouttes étoient adhérentes, je les faiſois diſparoître, mais quelque inſtans après,

je les voyois de nouveau condensées dans quelqu'autre partie plus froide de la surface intérieure.

Réponse à un autre doute.

§. 106. On pourroit soupçonner encore, que l'opération par laquelle je tâche de ramener l'air au terme de la sécheresse extrême, lui cause quelqu'altération qui le rend susceptible d'être saturé par une quantité d'eau moins considérable. Mais je leverai encore ce doute, en assurant que j'ai fait un grand nombre de fois ces mêmes expériences, avec de l'air pur & intact, pris sur une terrasse élevée, & qui n'avoit subi aucune opération quelconque. Les résultats ont toujours été proportionnellement les mêmes: Je dis *proportionnellement*, parce que cet air moins sec que celui-ci, que j'avois artificiellement desséché, se chargeoit d'une quantité d'eau moins considérable.

La quantité d'eau dissoute est peut-être encore plus petite à l'air libre.

§. 107. Le respect que j'ai & que tout physicien doit avoir pour les assertions d'un philosophe tel que M. Lambert, ne sauroit donc me donner aucun doute sur mes expériences. Mais il y a plus encore: je dois croire d'après ces mêmes expériences, qu'en plein air une quantité d'eau plus petite encore, suffit pour saturer complétement un pied cube de ce fluide. Car j'ai constamment observé, qu'il falloit proportionnellement plus d'eau pour saturer l'air dans un petit vase que dans un grand; sans doute parce que, même avant la parfaite saturation de l'air, la surface intérieure du vase se charge d'une portion de l'eau qui s'évapore au-dedans de lui. Or, cette surface est proportionnellement plus grande dans un petit vaisseau. Et peut-être l'extrême petitesse des vases qu'employoit M. Lambert est-elle une des causes de la quantité d'eau qui s'y évaporoit.

On pourroit en faisant dans ce dessein des expériences com-

paratives dans de très-grands & de très-petits vaiſſeaux, parvenir à connoître la quantité d'eau dont ſe charge une ſurface donnée de verre, ſuivant le degré d'humidité de l'air qui la touche. Mais il eſt vraiſemblable que l'on ne trouveroit rien de conſtant, & que cette quantité ſeroit différente en différentes eſpeces de verre; plus grande, par exemple, dans les verres tendres & ſalins que dans ceux qui ſont durs & bien cuits.

Au reſte, on peut démontrer par des expériences électriques la réalité de l'exiſtence de cette vapeur inviſible qui s'attache à la ſurface du verre, long-tems avant que l'air ait commencé à dépoſer la roſée groſſiere qui ſe forme lorſqu'il eſt ſuperſaturé.

Tout homme qui s'eſt occupé d'électricité a dû voir fréquemment des ſupports de verre laiſſer infiltrer le fluide électrique le long de leur ſurface à la faveur d'une humidité qu'ils avoient contractée, même dans un air qui n'étoit point entiérement ſaturé de vapeurs. Certains verres paroiſſent plus que d'autres ſujets à ce défaut, & c'eſt pour y remédier que l'on preſcrit d'enduire ces ſupports d'une couche de vernis; en effet, les vapeurs aqueuſes ne s'attachent point aux corps réſineux auſſi aiſément qu'au verre, parce que l'eau a moins d'affinité avec les corps gras, qu'avec les terres & les ſels dont eſt compoſé le verre.

Ballon employé aux recherches les plus exactes.

§. 108. Lorsque ces épreuves m'eurent convaincu de la petite quantité d'eau néceſſaire pour ſaturer un pied cube d'air, je vis que ſi je voulois ſubdiviſer cette quantité, il faudroit néceſſairement employer de plus grands vaſes. J'eus le bonheur de me procurer un grand ballon, d'un beau verre tranſparent & d'une forme réguliere. C'eſt un ellipſoïde alongé dont le

grand axe a 25 pouces 5 lignes $\frac{3}{5}$, & le petit 23 pouces 5 lignes $\frac{3}{5}$, & dont par conséquent la contenance est de 4,25 104 pieds cubes. En retranchant les 0, 00104 pour l'espace qu'occupent les petits instrumens que j'y renferme, il reste une contenance de 4 pieds cubes & $\frac{1}{4}$, ce qui est bien suffisant pour diminuer au moins beaucoup le danger des erreurs grossieres, & pour assimiler autant qu'il est possible ce qui se passe dans l'intérieur de ce ballon avec ce qui se passe à l'air libre.

§. 109. En faisant ces recherches sur la quantité d'eau que peut dissoudre un volume donné d'air, outre l'Hygrometre & le thermometre, j'avois introduit dans mes ballons un barometre, pour savoir si, comme on l'a supposé, les vapeurs dilatent l'air en le pénétrant, & quel est le rapport entre cette dilatation & la quantité de vapeurs qui l'operent.

Manometre inséré dans ce ballon.

On comprend aisément que c'est sur-tout dans cette épreuve qu'il importe de donner la plus grande attention au thermometre; car un barometre renfermé dans un ballon bien luté n'est plus sensible qu'à l'élasticité de l'air, & cette élasticité croissant avec la chaleur, la moindre variation dans cette chaleur doit opérer sur lui un changement considérable. J'eus donc soin de tenir dans ces ballons des thermometres de mercure à grandes divisions, tellement que je pouvois répondre avec la plus parfaite certitude de la 10e. & même de la 20e. partie d'un degré; je m'efforçai de tenir autant qu'il étoit possible les ballons dans la même température, depuis le commencement jusqu'à la fin de l'expérience, & lorsque malgré mes soins il se

trouvoit quelque variation dans la chaleur, j'en tenois compte comme je l'expliquerai dans la ſuite.

Le mercure du barometre que j'ai employé dans ces épreuves & que je nommois *manometre*, parce qu'il meſuroit ici, non la peſanteur, mais l'élaſticité de l'air, avoit bouilli dans le tube. Ce tube eſt abſolument nud dans toute la partie qui plonge dans le ballon, pour que ſa monture ne trouble point l'expérience; il paſſe au travers d'une plaque de métal qui ferme l'orifice ſupérieur du ballon, il eſt ſoigneuſement luté avec cette plaque, comme celle-ci l'eſt avec le ballon lui-même, & il porte des diviſions très-exactes dans la partie ſaillante hors du ballon.

Réſultats généraux de ces expériences.

§. 110. Avec cet appareil, j'ai trouvé qu'à une température de 14 à 15 degrés, l'élaſticité de l'air augmentoit environ d'une 54e., lorſque les vapeurs en le pénétrant, le faiſoient paſſer de la ſécherreſſe extrême à l'humidité extrême; car le manometre qui étoit à 27 pouces avant l'expérience, ſe trouve environ à 27 pouces 6 lignes quand elle eſt achevée. J'ai obtenu le même réſultat en faiſant l'inverſe de cette expérience: j'ai commencé par ſaturer, ou à-peu-près, l'air que renfermoit le ballon, enſuite j'ai fait abſorber par des ſels les vapeurs qu'il contenoit, & ſon élaſticité a diminué auſſi d'une 54e. Nous verrons dans le IVe. Eſſai les conſéquences météorologiques de cette expérience.

Mais je ne me ſuis pas contenté de ce réſultat ſommaire; j'ai cru qu'il ſeroit intéreſſant de connoître, non ſeulement la quantité totale de l'accroiſſement que reçoit l'élaſticité de l'air, lorſqu'il paſſe de la ſécherreſſe à l'humidité extrême, mais encore les progrès de cette augmentation relativement à la quantité d'eau

d'eau ou de vapeurs qui s'introduisent dans l'air. J'ai donc adapté le manometre à mon grand ballon, & j'ai éprouvé de ligne en ligne la quantité d'eau qu'il falloit pour le faire varier. Je vais donner les détails de ces expériences, dès que j'aurai décrit quelques parties de mon appareil dont je n'ai pas encore parlé.

§. 111. Une plaque d'étain de forme circulaire & de 5 pouces de diametre ferme l'ouverture de mon grand ballon; le bord de cette plaque est percé d'un trou, qui laisse passer, comme je l'ai dit, le tube du manometre; elle est lutée bien soigneusement avec le ballon; le manometre l'est de même avec elle, & l'un & l'autre demeurent fixés là dans tout le cours de l'expérience. Mais au centre de cette plaque est une ouverture circulaire de 3 pouces de diametre, qui sert à introduire les sels destinés à dessécher l'air du ballon : cette ouverture se ferme avec une plaque plus petite, qui se lute par dessus la grande. Et cette petite est elle-même percée à son centre d'une autre ouverture aussi circulaire de six lignes de diametre, laquelle sert à insinuer dans le ballon le linge humide ou le tube plein d'eau qui doit produire des vapeurs dans l'intérieur du vase. J'ai pratiqué ainsi des ouvertures de différentes grandeurs, afin de ne jamais ouvrir que précisément autant qu'il le falloit pour introduire les différens corps que je devois faire entrer dans le ballon, & de donner ainsi le moins d'accès possible à l'air extérieur. Toutes ces ouvertures sont lutées avec la cire dont j'ai donné la composition §. 83, & dont les exhalaisons, comme je l'ai dit dans le même paragraphe, n'affectent point du tout l'hygrometre. Détails de l'appareil.

Ce ballon ainsi fermé & luté contient, outre le manometre, deux Hygrometres placés à un pied de distance l'un de l'autre, assez près de la surface du ballon, pour que je puisse lire

leurs divisions avec une loupe de deux pouces & demi de foyer, & il renferme enfin le grand thermometre dont j'ai déja parlé, qui est aussi à portée d'être observé avec la même loupe.

Sels employés au desséchement de l'air.

§. 112. Dans mes premieres expériences, pour dessécher l'air renfermé dans le ballon, j'avois fait usage d'huile de vitriol concentrée, parce qu'elle agit avec plus de célérité que le sel de tartre. Mais j'observai, que quand le desséchement étoit parvenu à un certain terme, environ aux $\frac{3}{4}$ de la quantité totale, le phlogistique, ou de l'air ou des exhalaisons de la cire, se combinoit avec l'huile de vitriol, la brunissoit, & engendroit un fluide élastique, qui, à la vérité, n'affectoit nullement les Hygrometres, mais qui faisoit monter le manometre & troubloit ainsi mes expériences sur l'élasticité des vapeurs. Dès-lors j'ai employé le sel de tartre bien desséché, qui n'est point sujet à cet inconvénient.

Je prépare ce sel moi-même avec un mélange de parties égales de tartre crud & de salpêtre pilés & mêlés ensemble. J'ai un grand creuset de fer que je place dans le foyer d'un fourneau de fusion; je réchauffe ce creuset jusques à ce qu'il commence à rougir, alors j'y injecte peu-à-peu le mélange de sels. Lorsqu'ils ont achevé leur détonation, j'augmente par degrés la chaleur jusques à ce que le creuset soit d'un rouge cerise, & je l'entretiens dans cet état pendant une bonne heure, de maniere que le sel bouillonne continuellement; après quoi je fais piler ce sel tout chaud, je dirois presque encore liquide, dans un mortier chaud & sec, & je le conserve dans une fiole de verre lutée avec de la cire.

J'ai aussi employé avec succès la terre foliée de tartre, qui,

après avoir été brûlée & calcinée, a une force dessiccative encore plus grande que le sel de tartre calciné. Mais comme les Apothicaires la vendent à un très-haut prix, ceux qui voudront répéter ces expériences, pourront la préparer eux-mêmes en dissolvant de la potasse dans du vinaigre & en faisant évaporer l'humidité superflue. La dépuration par l'esprit de vin qui est la cause de la cherté de cette drogue, n'est nullement nécessaire pour ces expériences.

Je mets deux ou trois onces de quelqu'un de ces sels dans une tasse de verre de forme applatie, suspendue par trois fils de métal déliés & assez longs pour que la boucle qui les réunit, étant accrochée à la plaque qui ferme le ballon, la tasse se trouve à-peu-près au centre de ce même ballon.

§. 113. Apres tous ces préparatifs & ce long apprentissage, je commençai une opération, digne, à ce que je crois, de quelque confiance, le 27 juin de l'année derniere 1781.

Détails d'une expérience faite suivant ces principes.

J'avois laissé pendant deux jours mon grand ballon ouvert & exposé au vent auprès d'une fenêtre ouverte; j'avois même soufflé dedans à plusieurs reprises avec un grand soufflet pour renouveller entiérement l'air qu'il contenoit. Les Hygrometres renfermés alors dans ce ballon étoient au même point que ceux de la chambre; l'un désigné par *R* marquoit 79 degrés & 26 centiemes (*), l'autre marqué *Q*, 80 degrés & 40 centiemes;

(*) Je n'ai pas la prétention de distinguer dans mes Hygrometres des centiemes de degrés, mais bien des dixiemes; le secours d'une loupe & une longue habitude m'en donnent la facilité. Ces centiemes viennent donc du calcul par lequel je réduis en degrés de la division générale en cent parties, les degrés de cercle tracés sur le cadran. (Voyez le §. 34.)

Quant au thermometre, c'est celui dont j'ai dit que je distinguois des vingtiemes de degré, & j'exprime ces vingtiemes en centiemes pour l'uniformité & la commodité du calcul.

enſorte que la moyenne étoit 79, 83. Quant au thermometre, il étoit à 14, 65, & le manometre à 26 pouces, 10 lignes, 031.

Tel étoit donc l'état de l'air dans l'intérieur du ballon, lorſque le 27 juin, à neuf heures du matin, j'y introduiſis la taſſe de verre, qui conjointement avec ſes fils & le ſel fixe qu'elle contenoit, peſoit 3 onces, 3 gros, 9 grains; la taſſe elle-même & ſes fils peſoient une once 6 gros $\frac{1}{4}$ de grain; & par conſéquent le poids du ſel fixe étoit 1 once, 5 gros, 8 grains, 3 quarts.

Le ſurlendemain 29 juin à midi, les Hygrometres ne paroiſſant plus aller au ſec, je notai le degré auquel je les trouvai fixés, *R* étoit à 38, 30, *Q* à 39, 45, & par conſéquent la moyenne étoit de 38, 87. Donc les Hygrometres étoient allés au ſec de 40, 96.

La taſſe peſée au moment même où elle ſortit du ballon ſe trouva augmentée de 24 grains 88 centiemes.

Quant à l'élaſticité de l'air, la condenſation de cette quantité de vapeurs l'avoit diminuée au point de faire deſcendre le manometre de 26 pouces 10 lignes, 031 à 26, 7, 94, ou de 2 lignes, 937. De plus, pendant la durée de cette expérience, le thermometre étoit monté de 14, 65 à 15, 20, ou de 0, 55. Or comme j'ai appris par un grand nombre d'expériences, qu'un degré de variation dans le thermometre fait varier le manometre de 22 ſeiziemes, ou de 1, 375 de ligne, (*) je vois que je dois ajouter à la dépreſſion du manometre

(*) M. le Colonel Roy (*Philoſ. Tranſact.* 1777, p. 704.), attribue à la chaleur une force expanſive beaucoup plus grande; il conclut de ſes expériences qu'aux environs du 15e. degré du thermometre diviſé en 80 parties, ou au

o, 756 de ligne, dont il se seroit trouvé plus bas, si le thermometre n'eût point varié pendant l'expérience. Il suit de là que le sel alkali, en absorbant une partie des vapeurs contenues dans le ballon, doit être censé avoir fait baisser le manometre de 3 lignes 693 milliemes.

66e. degré de celui de FARENHEIT, un degré de chaleur du thermometre de FARENHEIT, dilate l'air de 2,58090 milliemes de son volume. Or, il résulte des miennes que ce même degré de chaleur ne dilate l'air que de 1,88615. Car 27 pouces, qui expriment l'élasticité moyenne de l'air dans lequel j'ai fait mes expériences, équivalent à 324 lignes, ou à 5184 seiziemes de ligne. Or, 5184 font à 22 comme 1000 à 4,24383. Donc suivant mes expériences, un degré de chaleur du thermometre de REAUMUR, faisant monter le manometre de 22 seiziemes de ligne, dilate l'air de 4,24383 milliemes de son volume; mais un degré de la division de FARENHEIT est à un degré de celle de REAUMUR, comme 4 : 9. Donc dans mes expériences un degré de FARENHEIT n'auroit fait monter le manometre que des $\frac{4}{9}$ de 4,24383, ou de 1,88615 milliemes. La différence qui est entre les résultats de M. le Colonel ROY & les miens équivaut donc à o, 69475, & par conséquent à un tiers de la quantité que j'ai observée. Or, cette différence est si considérable, qu'il est absolument impossible qu'un observateur aussi exact que M. le Colonel ROY ait commis une erreur aussi grande, & je ne puis pas non plus en suspecter mes propres expériences, puisque les plus grands écarts que j'aie trouvés entre mes nombreuses observations, ne sont jamais allés à 2 seiziemes de ligne, c'est-à-dire, à la onzieme partie de la totalité, & que ces écarts ont été en moins tout aussi souvent qu'en plus. Il faut donc nécessairement attribuer cette différence à celle des appareils dont nous nous sommes servis. Le vase qui renfermoit l'air dans les expériences de M. ROY, étoit une poire de verre semblable à la boule d'un barometre ordinaire. M. ROY ne donne pas les dimensions de cette poire; mais puisque les tubes qui lui étoient annexés n'avoient qu'une 15e. ou une 25e. de pouce de diametre, il faut que cette poire n'eût guere plus d'un pouce de diametre, sans quoi les variations du volume de l'air qu'elle renfermoit eussent exigé des tubes d'une longueur excessive. Mais supposons qu'elle eût un pouce & demi de diametre, sa capacité auroit encore été environ quatre mille fois plus petite que celle de mon ballon. Or, il n'est point étrange que l'expansion de l'air ne soit pas la même dans des vases dont les capacités sont si prodigieusement différentes, parce que l'air doit nécessairement être modifié d'une maniere particuliere par la surface intérieure du vase qui le renferme, & que cette surface est plus grande dans les petits vases relativement à leur capacité, qu'elle ne l'est dans les grands. (Voyez le § 117.)

Un autre point sur lequel mes observations manométriques s'écartent beaucoup de celles de M. ROY, c'est la différence qu'il peut y avoir entre l'air sec & l'air humide relativement à leur expansibilité thermométrique. M. ROY a introduit ou de l'eau en nature, ou de la vapeur aqueuse dans l'air que renfermoit la poire du manometre; il

Résultats de cette premiere opération.

§. 114. Il s'agit à présent de réduire au pied cube les résultats de cette expérience. Ainsi comme le ballon contient $4\frac{1}{4}$ ou 4, 25 pieds cubes, il faut diviser le poids de 24 grains 88 centiemes par 4, 25; ce qui donne 5, 8546 pour le poids de la quantité de vapeurs qui se seroient absorbées si le ballon n'eût

a ensuite exposé ce mélange à différens degrés de froid & de chaud, & il a trouvé que, sur-tout dans des degrés de chaleur un peu considérables, cet air mélangé d'eau ou de vapeur tendoit à se dilater avec beaucoup plus de force que l'air pur. Mais il me semble que dans ce procédé, M. Roy a confondu deux choses qu'il convenoit de séparer, savoir, la conversion de l'eau en vapeur élastique, & la dilatation de l'air uni à cette vapeur. Les expériences qui font le sujet de ce chapitre, démontrent que l'eau en se réduisant en vapeurs se change en un fluide élastique, qui, confiné avec l'air dans un vase clos, le comprime comme le feroit un corps étranger qu'on introduiroit forcément dans le même vase. Lors donc que cet air mêlé d'eau est exposé à l'action du feu, la force avec laquelle il comprime le mercure dans le manometre, n'est pas l'effet de l'expansion thermométrique pure & simple de cet air devenu plus expansible par son humidité; mais cette force est le produit de deux différentes causes, savoir 1°. de la pression qu'exerce le nouveau fluide élastique engendré dans le vase; 2°. des dilatations thermométriques réunies de l'air & du nouveau fluide. Pour pouvoir attribuer à chacune de ces deux causes l'effet qui lui est propre, il falloit les séparer & c'est ce que j'ai tâché de faire. J'ai commencé par faire naître des vapeurs dans un vase clos sans changer du tout sa température, & j'ai connu ainsi la quantité de pression produite par la génération du nouveau fluide élastique. Ensuite j'ai réchauffé, & toujours dans des vases clos, des airs inégalement humides, en prenant garde que dans le cours de l'expérience il n'y eût ni production d'une nouvelle vapeur, ni condensation d'une vapeur déja existante, & j'ai ainsi étudié l'influence de l'humidité seule sur l'expansion thermométrique de l'air. Mais comme je ne faisois ces expériences que dans le but de perfectionner mes recherches hygrométriques, je ne les ai suivies que depuis le 6e degré du thermometre de Reaumur, jusqu'au 22e. de la même échelle, mes principales épreuves s'étant faites dans cet intervalle. Or je puis assurer que dans ces limites entre lesquelles j'ai fait, & avec beaucoup de soin, un très-grand nombre d'épreuves, l'air le plus exactement desséché, bien loin d'être moins expansible par la chaleur, m'a paru plutôt plus dilatable que l'air humide, & même que l'air le plus voisin du terme de l'humidité extrême.

Au reste je ne prétends point, par ces observations, diminuer le mérite du mémoire de M. le Colonel Roy; ce mémoire renferme les recherches les plus profondes & les plus intéressantes faites avec une intelligence & une exactitude dignes des plus grands éloges. Je voudrois au contraire pouvoir l'encourager à répéter dans de grands vases, celles de ses expériences qui en seroient susceptibles; celles sur-tout qui peuvent servir à déterminer les loix de la dilatation de l'air dans les degrés de cha-

eu qu'un pied cube de contenance. Nous voyons donc par là, que quand l'humidité de l'air est exprimée par 79, 83 degrés de l'Hygrometre, & que l'on soustrait d'un pied cube de cet air une quantité de vapeurs du poids de 5, 8546 grains, l'hygrometre va au sec de 40, 96 degrés; & l'élasticité de l'air, qui auparavant étoit exprimée par 26 pouces 10 lignes $\frac{1}{32}$ de ligne, ou en réduisant tout en lignes & en fractions décimales de lignes par 322, 03125, est réduite à 318, 33825, & diminue par conséquent de 3, 693, environ d'une 88e.

Puis donc qu'en absorbant un poids de vapeurs équivalant à à 5, 8546 grains, nous avons détruit une quantité de fluide élastique capable de soutenir 3, 693 lignes de mercure, on peut en conclure que chaque grain d'eau, quand il étoit sous la forme de vapeurs renfermé dans un pied cube d'air étoit un fluide élastique dont la force pouvoit être représentée par 0, 592 lignes de mercure, & dont la densité, comme nous le verrons dans le IVe. Essai, étoit plus petite que celle de l'air, environ dans le rapport de 3 à 4.

De même, puisque l'absorption de ces 5, 8546 grains de vapeurs a fait marcher l'hygrometre de 40, 96 degrés vers la sécheresse, je vois que dans ces circonstances, un seul grain d'eau dans un pied cube d'air fait sur l'Hygrometre une impression équivalente à 7, 23 degrés.

§. 115. Pour pousser plus loin le desséchement, j'introduisis de nouveau dans le ballon du sel récemment calciné. On a vu qu'à la fin de la premiere opération l'état moyen des hygrometres étoit, 38, 87; mais quand j'ouvris le ballon, il y rentra de l'air qui vint remplir le vuide qu'avoient laissé les vapeurs

Seconde opération du desséchement.

leur entre lesquels peuvent tomber les observations du barometre.]

abſorbées par le ſel, & cet air moins ſec que celui du ballon fit venir les Hygrometres à 39, 91.

La taſſe pleine de ſels laiſſée pendant trois fois vingt-quatre heures dans le ballon, dont la température moyenne fut de 15, 45, ſe trouva peſer 4 grains 98 centiemes de plus qu'avant d'être plongée; l'Hygrometre *R* vint à 29, 36, & 2 à 30, 30, dont la moyenne eſt 29, 98. Il baiſſa donc de 9, 93 par l'effet de 4, 98 grains, qui diviſés par 4, 25, capacité du vaſe, donnent 1, 1718. Or 9, 93, effet total produit ſur l'hygrometre, diviſé par 1, 1718, donne 8, 47, nombre de degrés, dont l'abſorption d'un grain peſant de vapeurs, fait dans ces circonſtances marcher l'hygrometre vers la ſéchereſſe.

Quant au manometre, il ſe trouva à la fin de l'expérience exactement au même point où il étoit avant l'introduction du ſel; mais comme dans l'intervalle l'air s'étoit réchauffé d'un demi degré, & que par cela même le manometre auroit dû monter de $\frac{11}{16}$ de ligne, c'eſt une preuve que l'abſorption des vapeurs a diminué l'élaſticité de l'air de cette quantité, ou de 0, 6875 lignes, & ce nombre diviſé par 1, 1718, donne 0, 587, portion de ligne dont un grain d'eau réduit en vapeurs dans un pied cube d'air, ſoutient le mercure à la température de 15 degrés 45 centiemes.

Fin du deſſéchement.

§. 116. Par deux autres opérations ſemblables, je pouſſai le deſſéchement juſques à 9, 29 de l'Hygrometre *R*, & 9, 05 de l'Hygrometre *Q*. La moyenne étoit donc 9, 17. Je ne peſai pas les ſels dans ces deux dernieres opérations, pour les laiſſer moins long-tems à l'air & parce que l'augmentation de poids eſt ſi petite dans ces circonſtances, que les moindres erreurs produiſent de très-grands écarts. Je n'eſſayai pas non plus de pouſſer le

deſſéchement

desséchement plus loin, parce que cela n'est guere possible dans de si grands vases; je sortis la tasse & je lutai le ballon pour venir à l'inverse de cette expérience, c'est-à-dire, la production des vapeurs.

Production des vapeurs dans un air desséché.

§. 117. Je fais cette opération avec plus de confiance que la précédente, parce que lorsque j'emploie des sels pour le desséchement de l'air, je crains toujours que ces sels n'absorbent ou ne produisent quelque fluide élastique, & qu'ainsi les résultats relativement à l'élasticité des vapeurs ne soient erronés; au lieu qu'ici, où le ballon ne contient absolument aucun corps suspect, où je me contente d'y introduire un petit rouleau de linge blanc du poids de 25 à 30 grains, humecté avec de l'eau pure, je suis sûr, autant qu'on puisse l'être en physique, que les changemens survenus dans le ballon sont uniquement les effets de l'évaporation de cette eau. Et cependant la conformité des résultats obtenus par ces deux méthodes prouve que les sels que j'ai employés n'ont agi que sur les vapeurs & n'ont engendré ni absorbé aucun autre fluide élastique.

J'introduis donc par une ouverture qui n'a que 6 lignes de diametre, ce petit rouleau de linge humecté (*), je l'essuye même avant de l'introduire, pour qu'il ne puisse point en tomber de gouttes, & que son humidité ne s'attache pas aux corps qui peuvent le toucher. Je l'accroche à un fil de laiton recourbé qui le tient suspendu à-peu-près au centre du ballon, & je scelle sur le champ l'ouverture par laquelle je l'ai introduit après avoir

[*] J'emploie un linge humide plutôt que de l'eau en nature, parce que celle-ci s'évapore si lentement qu'il seroit bien difficile de tenir pendant tout le tems le ballon dans une température à-peu-près uniforme, & je roule le linge sur lui-même, parce que s'il étoit déployé l'évaporation iroit trop vîte.

noté l'état du manometre, du thermometre & des Hygrométres à l'inſtant du ſcellé.

Premiere immerſion d'un linge humide dans un air ſec.

§. 118. Dans le moment où j'introduiſis le linge, la moyenne entre les Hygrometres étoit, comme je l'ai dit plus haut 9, 17, le thermometre étoit à 14, 75 & le manometre à 26 pouces, 10 lignes 11 ſeiziemes. Comme je ne voulois ſaturer l'air que graduellement par ſix opérations ſucceſſives, je deſirois de ſaiſir le moment où le manometre ſeroit monté d'une ligne, parce que l'effet total des vapeurs à ce degré de chaleur eſt, comme nous l'avons déja vu, environ de 6 lignes; mais l'évaporation ſe fit un peu plus vite que je ne l'aurois cru; au bout d'une heure je trouvai le manometre hauſſé de 19 ſeiziemes de ligne, & le thermometre baiſſé d'une 20e de degré. Je retirai & je peſai bien promptement le linge, il avoit perdu 9 grains & 6 centiemes, qui, diviſés par 4, 25 capacité du ballon, donnent 2, 1318 grains par pied cube.

Le manometre avoit monté de 1, 1875, à quoi il faut ajouter pour la baiſſe du thermometre, 0, 06875; ce qui fait en tout 1, 25625, qui diviſés par 2, 1318 donnent, 0, 589 pour la portion de ligne dont un grain d'eau a fait monter le manometre en ſe changeant en vapeurs.

Lorsque les Hygrometres ſe furent mis en équilibre avec l'air, ils ſe fixerent, *R* à 39, 97; & *Q* à 39, 45; moyenne 39, 71; d'où retranchant 9, 17 il reſte 30, 54, pour la variation qu'ils ont ſubie. Or ſi l'on diviſe ce nombre par 2, 1318 nombre de grains évaporés dans chaque pied cube d'air, il en réſulte que dans ces circonſtances un grain d'eau en s'évaporant dans

un pied cube d'air, fait faire aux hygrometres 14, 37 degrés vers l'humidité.

§. 119. En opérant & calculant de même, une seconde immersion du linge réduisit en vapeurs 8, 29 grains, ou 1, 9515 par pied cube. Le manometre monta d'une ligne juste, & comme le thermometre descendit de 14, 85, à 14, 70 ou de 0, 15, ce sont 0, 20625 de ligne à ajouter; donc cette quantité de vapeurs produisit 1, 20625, & l'effet d'un grain d'eau réduit en vapeurs fut de 0, 614. Seconde immersion du linge mouillé.

Les Hygrometres vinrent de 39, 71 à 58, 71. Leur variation moyenne fut donc de 19 degrés, qui divisés par 1, 9515 donnent 9, 73, pour l'effet d'un grain d'eau sur l'Hygrometre renfermé dans un pied cube d'air.

§. 120. Le linge mouillé plongé pour la troisieme fois dans le ballon y perdit 7, 85 grains, ou 1, 847 par pied cube. Troisieme immersion.

Le manometre monta précisément d'une ligne; mais comme le thermometre baissa de 15, 60, à 15, 55, ou de 0, 05, ce sont 0, 06875 à ajouter; sa variation fut donc de 1, 06875, d'où il suit qu'un grain d'eau se changea en un fluide élastique qui fit monter le mercure de 0, 578 de ligne.

Cette quantité de vapeurs fit marcher les Hygrometres, de 57, 17 à 68, 61; c'est-à-dire, de 11, 44, ou de 6, 19 pour un grain dans un pied cube.

§. 121. Dans la 4e. opération le poids de l'eau réduite en vapeurs fut de 6, 79 grains, ou de 1, 5976 par pied cube. Quatrieme immersion.

P 2

Le manometre monta d'une ligne, mais le thermometre étant aussi monté de 15,90 à 16, 05, ce sont 0, 20625 de ligne à retrancher. Il reste donc 0, 79375, ce qui donne pour chaque grain d'eau 0, 497 de ligne.

Les Hygrometres étoient à 68, 12, ils vinrent à 77, 63; différence 9, 51; & pour un grain d'eau dans un pied cube d'air 5, 95.

Cinquieme immersion.

§. 122. L'opération que je viens de calculer donna du fluide élastique en moindre quantité que les précédentes; celle-ci en revanche en fournit ou du moins parut en fournir une quantité plus grande; car le poids de l'eau réduite en vapeurs fut de 6, 25 grains, ou de 1, 47 par pied cube, & cette quantité fit hausser le manometre d'une ligne moins une trente deuxieme ou de 0, 96875, ce qui revient pour un grain à 0, 659; car comme le thermometre demeura fixe à 14, 90 il n'y eut aucune correction à faire pour la chaleur.

Les Hygrometres qui étoient à 83, 82 vinrent à 93, 87; dont la différence 10, 05 divisée par 1, 47, donna 6, 83, effet d'un grain d'eau sur un pied cube d'air.

Sixieme & derniere immersion.

§. 123. Ici comme les Hygrometres indiquoient que l'air étoit près du point de saturation, j'épiai le moment où le manometre ne monteroit plus: car comme je l'ai dit plus haut, il ne faut point attendre que les Hygrometres arrivent au terme de l'humidité extrême, ils n'atteignent ce terme que dans des brouillards ou dans un air supersaturé d'humidité. Le manometre donne donne donc ici un indice plus sûr, la cessation de son mouvement prouve qu'il ne s'engendre plus de vapeur élastique, ou que du

moins la quantité de cette vapeur n'augmente plus dans le vase, qu'elle ne fait plus qu'y circuler, ou qu'il ne s'en forme qu'autant qu'il s'en condense contre quelqu'une des parois du vase (*). Comme cependant je ne voulois pas finir l'expérience sans m'être bien assuré que le manometre ne montoit plus, j'attendis, je crois, un peu trop & il s'évapora en pure perte quelques portions d'humidité; car 2, 68 grains, ou en les réduisant au pied cube, 0, 6306 de grain ne firent monter le manometre que de 0, 25; ce qui ne donne pour un grain d'eau que 0, 396, quantité fort inférieure à la moyenne entre les précédentes.

Les Hygrometres monterent de 94, 56 à 98, 02, & par conséquent un grain d'eau dans un pied cube les eût fait varier de 5, 49.

Le thermometre ne fit aucune variation pendant cette opération; il demeura constamment à 15, 05.

Tables des résultats de ces expériences.

§. 124. J'ai rédigé en forme de tables les résultats de ces deux expériences, pour rendre leurs rapports plus frappans & plus faciles à saisir. Les neuf colonnes qui composent ces tables portent chacune l'indication de ce qu'elles renferment, & les nombres séparés par une ligne à la fin de chaque expérience, sont ou les sommes des nombres supérieurs de la même colonne, ou les moyennes entre ces nombres.

(*) Cette expérience sembleroit prouver que l'air est déja saturé quand l'Hygrometre a atteint le 98e degré de son échelle & que les deux derniers degrés 99 & 100 sont des degrés de supersaturation.

Premiere Expérience, §. 113, 114. *Absorption des vapeurs.*

I. *Numéros des opérations.*	II. *Poids des vap abs. ou engend. dans un p. c. d'air.*	III. *Degré de l'Hy. avant l'opér.*	IV. *Variation de l'Hygr.*	V. *Effet d'un grain pes de vap. sur l'Hygrom.*	VI. *Hauteur moyen du ther. pend l'opération*	VII. *Hauteur du bar avant l'opération p. l. 32es.*	VIII. *Variation du manometre*	IX. *Effet d'1 gr. pes. de vap. s. le man.*
N°. 1.	5,8546	79,83	40,96	7,23	14,70	26,10,1	3,6930	0,592
» 2.	1,1718	39,91	9,93	8,47	15,45	27, 3,5	0,6875	0,587
	7,0264		50,89	7,85	15,07	27,019	4,3805	0,589

Seconde Expérience, §. 117, 123. *Génération des vapeurs.*

N°. 3	2, 1318	9, 17	30, 54	14, 37	14, 72	26, 10, 22	1, 25625	0, 589
» 4	1, 9515	39, 71	19, 00	9, 73	14, 77	26, 11,	1, 20625	0, 614
» 5	1, 8470	57, 17	11, 44	6, 19	15, 57	27, 0, 25	1, 06875	0, 578
» 6	1, 5976	68, 12	9, 51	5, 95	15, 97	26, 10, 27	0, 79375	0, 497
» 7	1, 4700	83, 82	10, 05	6, 83	14, 90	26, 10, 5	0, 96875	0, 659
» 8	0, 6306	94, 56	3, 46	5, 49	15, 05	26, 9, 29	0, 25000	0, 396
	9, 6285		84, 00	8, 90	15, 16	26, 10, 29	5, 54375	0, 555

Troisieme Expérience, §. 128.

N°. 9	1, 8752	33, 44	35, 84	19, 12	4, 50	26, 11, 11	1, 00000	0, 533
» 10	1, 3060	69, 28	18, 66	14, 29	5, 00	27, 0, 6		
	3, 1812		54, 50	16, 70	4, 75			

Quatrieme Expérience, §. 129.

N°. 11	1, 1859	16, 91	26, 45	22, 30	6, 05	27, 3, 8	0, 70625	0, 595
» 12	1, 2753	43, 36	20, 53	16, 10	6, 05	27, 4, 29	0, 93750	0, 735
» 13	1, 2447	63, 89	18, 30	14, 70	6, 05	27, 3, 27	0, 50000	0, 402
» 14	1, 0659	81, 83	11, 60	10, 88	6, 57	27, 1, 14	0, 65625	0, 616
	4, 7718		76, 88	15, 99	6, 18	27, 3, 12	2, 80000	0, 587

Tables calculées d'après la seconde & la quatrieme Expériences,
§. 129.

Degrés de l'Hygr.	*Poids de l'eau contenue dans un p. c. d'air, à 15 d. $\frac{16}{100}$ du thermometre.*	*Poids de l'eau contenue dans un p. c. d'air, à 6 d. $\frac{18}{100}$ du thermometre.*	*Rapports entre les nombres contenus dans les 2 colonnes précédentes.*
10	0, 4592	0, 2545	0, 554
20	1, 0926	0, 6349	0, 581
30	1, 7940	1, 0833	0, 604
40	2, 5634	1, 5317	0, 597
50	3, 4852	2, 0947	0, 601
60	4, 6534	2, 7159	0, 583
70	6, 3651	3, 3731	0, 530
80	8, 0450	4, 0733	0, 506
90	9, 7250	4, 9198	0, 506
98	11, 0690	5, 6549	0, 511

§. 125. Si l'on fixe d'abord ses regards sur les nombres renfermés dans la Vme. colonne, on verra que d'après la seconde expérience l'hygrometre fait, pour la même quantité de vapeurs, des variations graduellement moins grandes à mesure qu'il s'approche davantage du terme de saturation, seulement paroissent-elles s'augmenter dans l'opération No. 7, mais il est vraisemblable que j'ai commis quelqu'erreur dans cette opération en déterminant le poids des vapeurs, & que j'ai trouvé ce poids plus petit qu'il n'étoit réellement, car le nombre correspondant des variations du manometre dans la IX^{me}. colonne est aussi manifestement trop grand. D'ailleurs deux autres expériences, dont la même table contient les résultats, s'accordent à prouver que le nombre de degrés dont l'hygrometre varie pour une quantité donnée de vapeurs est très-grand auprès du terme de la sécheresse extrême, mais diminue ensuite graduellement jusques au terme de la saturation.

Résultats relatifs à l'Hygrometre.

Pour rendre raison de ce phénomene, il faut je crois observer, que lorsqu'un cheveu ou toute autre fibre animale passe

de l'état de ſéchereſſe à celui d'humidité; l'eau qui s'inſinue entre ſes particules ne produit pas l'alongement ou la dilatation de cette fibre, uniquement en raiſon de la quantité dont ſes parties écartent celles de la fibre; mais plus encore par la diminution de l'élaſticité de cette fibre ou de la cohérence de ſes parties entr'elles. Or ce ſont les premieres portions d'humidité qui diminuent le plus cette élaſticité & cette cohérence. Voyez à quel point un parchemin bien ſec eſt ferme, élaſtique, ſonore, peu extenſible, & comment il devient mou, & pour ainſi dire, ductile dès que l'humidité commence à le pénétrer. Il en eſt de même du cheveu; lorſqu'il eſt très-ſec, les premieres particules de l'eau qu'il abſorbe produiſent ſur lui un double effet, elles l'alongent, pour ainſi dire méchaniquement, en écartant les parties entre leſquelles elles s'inſinuent, & elles l'allongent encore en lui donnant une flexibilité qui le fait céder à la force du contre poids: à meſure que l'humidité lui ôte ſon reſſort, ce ſecond effet devient moins ſenſible; & enfin lorſqu'il eſt tout près d'être ſaturé, l'eau ne produit plus ſur lui que le ſeul alongement méchanique.

Réſultats relatifs au manometre.

§. 126. Les nombres que renferme la IXme. colonne & qui expriment les variations du manometre ne préſentent point la même progreſſion; leur inégalité ne paroît ſoumiſe à aucune loi conſtante, & ſemble n'avoir d'autre cauſe que les inexactitudes des expériences mêmes, inexactitudes bien difficiles à éviter, & dont la principale cauſe eſt la chaleur du corps de la perſonne qui opere ſur le ballon en ſcellant ſes ouvertures & en obſervant les inſtrumens qu'il renferme. Quelle que ſoit la diligence avec laquelle on fait ces opérations, quelqu'attention qu'on ait à s'en tenir le plus éloigné poſſible, l'air eſt ſi promptement affecté par la chaleur, que quand on obſerve les variations

riations du manometre de ligne en ligne, la moindre augmentation ou diminution de chaleur produit une différence considérable sur cette petite quantité.

La 4e. expérience que j'ai faite avec tous les soins possibles dans l'espérance d'obtenir des résultats plus uniformes que ceux de la 2de. a même donné de plus grands écarts, parce que l'air étant plus froid, la chaleur du corps avoit une plus grande influence (*). Cependant comme ces causes agissoient tantôt en plus, tantôt en moins, la moyenne entre les résultats de la 4e. expérience est exactement la même que celle de la 2de; car pour obtenir celle-ci il faut rejeter la sixieme opération, qui correspond au No. 8, parce que sur la fin de cette opération, il s'exhala, comme je l'ai dit plus haut, de l'humidité en pure perte.

La premiere opération donna aussi un nombre très-voisin de ces deux moyennes, ensorte qu'il paroit bien vraisemblable qu'un grain d'eau en s'évaporant dans un pied cube d'air produit un fluide élastique capable de soutenir, 0, 587, ou les 587 milliemes d'une ligne de mercure.

Quant à la somme des vapeurs élastiques nécessaire pour saturer un pied cube d'air; aux 5, 54375 lignes, qui résultent de l'addition des nombres de la VIIe. colonne, il faut ajouter 0, 25036 pour les 9 degrés 17 centiemes qui manquoient au

[*] Ces inégalités pourroient donner des doutes sur les expériences que j'ai faites pour déterminer les variations thermométriques de l'air. [Voyez la note du § 113.] Mais il faut observer que dans celles-ci je changeois de 5 à 6 degrés la température du ballon, ce qui me donnoit des variations de 7 à 8 lignes dans le manometre; quantité considérable & sur laquelle de petites erreurs n'ont que peu d'influence. D'ailleurs comme dans ces expériences je n'étois obligé, ni d'observer les hygrometres ni de sceller le ballon, les observations étoient instantanées & parfaitement d'accord entr'elles.

Q

parfait desséchement de l'air dans le commencement de l'expérience, & onaura 5, 79411, ou en nombre ronds six lignes à 15 degrés de chaleur & le barometre étant à 27 pouces; d'où il suit que dans ces circonstances un air saturé de vapeurs doit à ces vapeurs environ la 54e. partie de son élasticité.

Résultats relatifs au poids de l'eau évaporée.

§. 127. Quant au poids de l'eau nécessaire pour produire cette quantité de vapeurs élastiques, la somme des nombres contenus dans la IIe. colomne de la 2de. expérience donne 9, 6285, auxquels on doit ajouter d'après l'analogie des premieres opérations 0, 4072 pour les 9, 17 degrés qui manquoient à la sécheresse parfaite, lorsque je commençai l'expérience. Mais de plus il faut considérer, qu'entre la 4e. & la 5e. opération marquées Nos. 6 & 7, les Hygrometres, soit par le refroidissement du ballon qui perdit un degré de chaleur, soit par la rentrée de l'air extérieur que produisit la condensation opérée par le refroidissement, vinrent de 77, 63 à 83, 82; ensorte qu'il faut ajouter encore la quantité d'eau qui eût été nécessaire pour produire ces 6, 19 degrés de variation dans les hygrometres. Il est vrai qu'il y a à déduire une rétrogradation d'un peu plus de 2 degrés produite par le réchauffement du ballon dans l'intervalle de deux autres opérations. En tenant ainsi compte, aussi exactement qu'il est possible, de toute l'eau nécessaire pour faire venir l'hygrometre de 0 à 98 degrés dans la température moyenne de 15 centiéme 16 degrés, je trouve le poids de cette eau équivalent à 11 grains 69 milliemes.

Je ne crois donc pas que l'on s'écarte beaucoup de la vérité en assignant onze grains d'eau par pied cube d'air saturé à la température de 15 degrés; & si l'on croit devoir faire quelque déduction pour la quantité d'humidité qui s'attache à la sur-

face intérieure du ballon, il restera en nombres ronds dix grains par pied cube à l'air libre.

§. 128. Je ne détaillerai point la IIIe. & la IVe. expériences dont j'ai rapporté les résultats dans la même table; je dirai seulement que dans la seconde opération de la IIIme. qui correspond au N° 10, la vapeur élastique s'échappa du ballon par une ouverture imperceptible que j'avois laissée par mégarde; ensorte que je ne pus point appercevoir la variation du manometre. Résultats des expériences troisieme & quatrieme.

Ces deux opérations montrent combien la même quantité de vapeurs produit un plus grand effet sur l'hygrometre quand l'air est plus froid, & combien il en faut moins pour saturer l'air à mesure qu'il perd de sa chaleur. Si l'on compléte par analogie ces deux expériences, comme je viens de compléter la seconde, on trouvera que dans la IIIe. le poids de toutes les vapeurs aqueuses que contenoit un pied cube d'air saturé à la température de 4 dg. $\frac{3}{4}$, ne surpassoit pas 5,4605 grains, & que dans la IVe. dont la température étoit un peu plus chaude, savoir de 6,18, ce poids n'alloit qu'à 5, 6549.

§. 129. D'après les résultats de la seconde & de la quatrieme expériences, j'ai calculé de 10 en 10 degrés de l'hygrometre, les quantités d'eau correspondantes dans un pied cube d'air. Mais je reviendrai à ce sujet & je l'approfondirai davantage dans le dernier chapitre de cet Essai. Table des quantités d'eau contenues dans l'air.

J'observerai seulement ici, que les nombres, qui d'après ces deux expériences expriment les quantités d'eau contenues dans un pied cube d'air à 15 & à 6 degrés de chaleur, conservent

entr'eux à-très-peu-près le même rapport, ſavoir celui des quantités néceſſaires pour la ſaturation compléte.

J'ai dreſſé la table de leurs rapports, en diviſant chaque nombre de la quatrieme expérience par ſon correſpondant de la ſeconde, & l'on voit par cette table que l'inégalité de ces rapports qui n'eſt pas bien conſidérable, ne vient que des imperfections inévitables des expériences dont ils expriment les réſultats.

Vapeur èlaſtique produite par la glace.

§. 130. Il ne me reſte plus pour terminer ce long chapitre, qu'à rapporter une expérience du genre des précédentes, mais faite pendant le froid & avec l'eau ſous la forme de glace.

Depuis que j'ai conſtruit des Hygrometres à cheveu, j'ai eu ſouvent occaſion d'obſerver que le gel & même les plus grands froids ne dérangent leurs fonctions en aucune maniere.

On ſait d'ailleurs que la glace eſt ſujete à l'évaporation. Il étoit donc bien naturel de penſer, qu'en faiſant dans un air plus froid que la congélation & avec de la glace, les expériences que j'ai faites avec de l'eau dans une température plus chaude, le réſultat en ſeroit le même.

Je deſirois cependant beaucoup de vérifier cette analogie par une expérience directe, d'autant que M. Baron, en réduiſant à leur juſte meſure les obſervations exagérées de M. Gauteron ſur l'évaporation de la glace, avoit ſoutenu que la glace ne ſouffroit aucune évaporation dans des vaſes fermés, & que celle qu'elle éprouvoit en plein air n'étoit qu'une eſpece d'éroſion produite par le frottement méchanique de l'air en mouvement

& non point une ſolution ou une évaporation proprement dite. (*Voyez les mém. de l'Acad. des Sienc. pour l'année* 1753, *pag.* 250 & *ſuiv.*)

Comme il importoit pour le ſuccès de cette expérience que pendant ſa durée la température de l'air ne ſouffrît preſque aucun changement, j'y deſtinai une nuit, celle du 3 au 4 février de cette année 1782. Cette nuit fut heureuſement très-belle, trés-uniforme & ſi calme que je fis toute l'opération en plein air ſans que les lumieres ſouffriſſent la moindre agitation. Je plaçai à cinq heures du ſoir ſur une terraſſe découverte un ballon d'un pied cube & un quart de contenance, qui renfermoit de l'air deſſéché, un thermometre, un Hygrometre & un manometre. Je pratiquai une petite ouverture dans la cire qui tenoit ce ballon fermé, afin que l'air extérieur entrât dans le ballon à meſure que celui qu'il contenoit ſe condenſoit en ſe refroidiſſant, & que le mêlange de cet air avec celui du ballon produiſît ſur l'Hygrometre tout l'effet qu'il pouvoit produire.

A minuit 24 minutes je commençai mon expérience; l'Hygrometre renfermé dans le ballon étoit à 36, 70, le thermometre à 2 degrés 7 dixiemes au deſſous de zéro & le manometre à 26 pouces 7 lignes 10 ſeiziemes. J'y introduiſis alors un petit rouleau de linge humecté & enſuite parfaitement gelé, qui peſoit 25 grains 3 centiemes, & je ſcellai ſur le champ avec de la cire molle & la petite ouverture par laquelle j'avois introduit le linge & celle que j'avois pratiquée auparavant.

Peu de momens après l'Hygrometre commença à marcher du côté de l'humidité; au bout de 24 minutes il avoit déja fait plus de 4 degrés; au bout d'une heure il en avoit fait 18, & enfin après trois heures il vint à 86 degrés 22 centie

mes, c'eſt à dire, qu'il fit en tout vers l'humidité 49 degrés 52 centiemes.

Pendant ce tems-là le manometre ne ceſſa point de monter quoique l'air ſe ſoutînt au même degré de froid; & enfin il ſe trouva d'une ligne & une 32e. plus haut qu'au moment où j'avois plongé le linge glacé. Celui-ci ſe trouva plus leger d'un grain & 78 centiemes.

Cette expérience démontre donc, que la glace eſt ſujete à une véritable évaporation, qu'elle ſe convertit même par le froid, en une vapeur élaſtique qui augmente l'élaſticité de l'air & qui agit ſur le cheveu précifément comme la vapeur qui s'éleve de l'eau dans ſon état de liquidité, & qu'ainſi les loix de l'hygrométrie s'obſervent dans tous les degrés de froid & de chaud dont notre Athmoſphere eſt ſuſceptible.

CHAPITRE VI.

QUEL EST SUR L'HYGROMETRE L'EFFET DE LA RARÉFACTION ET DE LA CONDENSATION DE L'AIR?

§ 131. LES Phyſiciens ont été très partagés ſur cette queſtion; les uns, & c'eſt le plus grand nombre, croient d'après l'Abbé Nollet, que l'air en ſe raréfiant laiſſe tomber les vapeurs qu'il tenoit ſuſpendues & qu'il doit par conſéquent régner une très-grande humidité dans un récipient dont on épuiſe l'air: d'autres comme le célébre Lambert ont cru, que dans un récipient complétement purgé d'air il régneroit une ſéchereſſe parfaite... Je diſcuterai dans le IIIe. Eſſai l'opinion de l'Abbé Nollet, parce qu'il la fonde ſur des faits que je dois analyſer. Quant au ſentiment de M. Lambert, les expériences que renferme ce chapitre feront voir juſques à quel point elle peut être regardée comme vraie.

Différentes opinions des phyſiciens ſur cette queſtion.

§. 132 L'HYGROMETRE à cheveu ſemble fait pour ces expériences; parce que le cheveu étant un corps ſolide qui ne renferme point d'air élaſtique, la diminution de la preſſion de l'air extérieur ne ſauroit le déranger en aucune maniere; au lieu que la plupart des autres Hygrometres ne pourroient point y être employés; & M. Lambert dit lui-même que quand il voulut éprouver dans le vuide un Hygrometre à corde de boyau, il ſe dérangea ſur le champ; ſans doute par le développement de l'air élaſtique empriſonné dans le boyau même ou engagé entre ſes révolutions.

L'Hgrométre à cheveu pour ſervir à la réſoudre.

§. 133. DÈS que j'eus conſtruit un Hygrometre à cheveu pro-

Phénomene

ſingulier des premieres expériences faites ſur ce ſujet

pre à être placé ſous un récipient, j'en fis l'épreuve dans le vuide & je vis d'abord un fait très-remarquable.

L'Hygrometre, à meſure que je pompois l'air, marchoit avec beaucoup de célérité vers la ſéchereſſe; lorſque je ceſſois d'agiter les piſtons, il continuoit encore pendant quelques inſtans à marcher du même côté; enſuite il demeuroit ſtationnaire pendant deux ou trois minutes, après quoi il commençoit à rétrograder, faiſoit ainſi des progrès lents, mais continuels vers l'humidité pendant deux ou trois heures, & ſe fixoit alors ſans faire d'autres variations. Si j'achevois d'évacuer le récipient, le même phénomene reparoiſſoit. Cependant aucune de ces rétrogradations ne rendoit à l'Hygrometre toute l'humidité que lui avoit enlevée la raréfaction de l'air; il finiſſoit toujours par ſe trouver plus au ſec qu'il n'étoit avant l'expérience.

Les circonſtances de ce phénomene n'étoient jamais plus marquées, que quand en agitant promptement les piſtons, je pompois l'air avec toute la diligence poſſible, & que je l'amenois ainſi ſans relâche au plus haut point de raréfaction que ma pompe pût produire. Je vais en donner un exemple après avoir dit un mot de l'appareil que j'emploie dans ces expériences.

Deſcription de l'appareil.

§. 134. Un récipient de verre parfaitement propre & ſec renferme un Hygrometre à cheveu avec ſon thermometre monté ſur métal; ce récipient eſt luté ſur la platine qui eſt auſſi très-propre & très-ſeche avec la cire dont jai donné la recette §. 83.

L'intérieur du récipient communique avec un tube de verre qui plonge dans une taſſe pleine de mercure; la preſſion de l'air extérieur fait monter ce mercure dans le tube à meſure que le récipient s'évacue, & ſa hauteur, comparée avec la hauteur

actuelle

actuelle du mercure dans le barometre, indique le degré de raréfaction de l'air dans le récipient.

§. 135. L'Hygrometre renfermé dans ce récipient rempli d'air s'étoit fixé à 63, 3 & le thermometre 16, 6; alors en agitant les pistons pendant 3 minutes je raréfiai l'air au point que le barometre de la pompe n'étoit que de six lignes plus bas que le barometre extérieur, & dans ce court espace de tems l'Hygrometre marcha d'environ 15 degrés au sec, c'est-à-dire, qu'il descendit à 48, 3, quoique le thermometre fût descendu de 16, 6, à 15, 25, comme cela arrive toujours lorsque l'on évacue promptement le récipient (*). Je cessai alors de pomper, & pendant la minute suivante l'Hygrometre alla encore au sec d'environ 3 dixiemes de degré. Il parut demeurer-là stationnaire pendant une minute, après quoi il marcha vers l'humidité, tellement qu'au bout de deux autres minutes il avoit fait près d'un demi degré dans cette direction. (**) Il marcha ainsi assez uniformément à l'humide pendant trois heures, au bout des quelles il se fixa à 56, le thermometre étant à 16, 2. Il rétrograda donc en tout de 8 degrés vers l'humidité, & demeura cependant de 7, 3 degrés plus au sec qu'il n'étoit avant la raréfaction de l'air. Détail de ce phénomene.

§. 136. Il résultoit de cette expérience; d'abord, que la raréfaction de l'air desséchoit le cheveu; ensuite, que quand l'air étoit raréfié à un certain point, il se développoit dans le réci- Conséquences qui en résultent.

(*) Je considérerai dans le IIIe. Essai, ce singulier phénomene, que M. Cullen a, je crois, observé le premier.

(**) Qu'on me permette de demander si de tous les Hygrometres connus, l'hgrometre à cheveu n'est pas le seul capable d'indiquer des variations en sens contraire qui se succedent avec tant de rapidité.

pient une certaine quantité de vapeur qui détruisoit une partie de la sécheresse produite par la raréfaction.

Car j'avois la preuve du développement de cette vapeur ; en ce que, si je laissois rentrer l'air dans le récipient, l'Hygrometre indiquoit un degré d'humidité plus haut qu'avant l'expérience. A la vérité cette humidité se repompoit en partie; mais il en restoit toujours une portion équivalente à trois ou quatre degrés de l'Hygrometre.

Cette augmentation d'humidité & tous les autres phénomenes que présente cette expérience étoient d'autant plus considérables que l'on avoit poussé plus loin la raréfaction de l'air ; car lorsqu'il n'étoit raréfié que de trois ou quatre pouces, c'est-à-dire, lorsqu'il avoit encore les sept ou huit neuviemes de sa densité, l'Hygrometre alloit bien au sec d'une quantité proportionnelle à cette raréfaction, mais il ne rétrogradoit point ensuite. La rétrogradation ne devenoit sensible que quand l'air étoit raréfié de 9 ou 10 pouces, ou lorsque sa densité étoit diminuée à-peu-près d'un tiers.

Source de la vapeur qui se développe dans l'air raréfié.

§. 137. Comme je n'avois employé que de l'huile d'olives pour graisser les cuirs des pistons de ma pompe, qu'il n'étoit point entré d'eau dans les tuyaux, & qu'il me sembloit que le passage continuel de l'air au travers de ces tuyaux devoit en enlever toute l'humidité superflue, je ne crus pas d'abord que ce fût d'eux que venoit la vapeur qui se développoit dans le vuide; j'accusai la cire, la surface intérieure du verre, celle de la platine; mais ces différens corps ayant été successivement justifiés par des épreuves décisives, je fus acheminé à conclure par voie d'exclusion, que c'étoit bien de l'intérieur de la pom-

pe que venoit cette vapeur & je fis une expérience qui le prouva d'une maniere indubitable.

§. 138. J'IMAGINAI d'adapter à l'ajutage de la platine une petite bouteille, qui contiendroit du mercure, dont la position seroit telle, qu'il permettroit bien à l'air du récipient d'en sortir pour entrer dans les corps de pompe, mais qu'il ne laisseroit point à celui qui seroit dans ces corps ou à tout autre fluide élastique contenu dans les tuyaux de communication, la liberté d'en sortir pour entrer dans le récipient.

Soupape qui empêche l'entrée de cette vapeur.

LA fig. 2 de la planche IIe. représente cet instrument. C'est un tube de verre recourbé dans lequel on a soufflé les deux boules A & B. Ce tube est ouvert d'un bout à l'autre, & il y a par conséquent une libre communiation depuis l'ouverture inférieure C, jusques à l'ouverture supérieure D.

JE commence par faire entrer peu-à-peu du mercure bien pur dans la boule A, jusques à ce qu'il y en ait seulement une ou deux lignes de hauteur dans le fond de cette boule; ce mercure, lorsque l'instrument est dans une situation verticale, remplit la courbure du tube, & occupe l'espace *e f g*.

LORSQUE le mercure est logé dans cette boule, j'insinue l'extrêmité inférieure C du tube dans l'ajutage de la platine par lequel l'air sort du récipient pour entrer dans les corps de pompe & je lute là ce tube de maniere, que l'air ne puisse point passer des corps de pompe dans le récipient, ni du récipient dans ces corps, sans passer par l'intérieur du tube.

MAINTENANT il est aisé de comprendre, que quand par l'élévation du piston l'air est raréfié dans les corps de pompe,

il ſe raréfie auſſi dans la boule A qui communique avec eux par le moyen du tube C A, & alors l'air contenu dans la boule B & celui du récipient qui communique avec lui tendent à paſſer dans la boule A, le ſeul obſtacle que cet air ait à vaincre eſt de ſoulever le mercure qui eſt en *efg* ; or il ſurmonte aiſément la réſiſtance de 2 ou 3 lignes de mercure, il le ſouleve donc & paſſe de là dans le corps de pompe. Mais ſi au contraire ou l'air, ou quelque vapeur élaſtique contenue dans la boule A, ou dans le tuyau C A, ou dans les corps de pompe avec leſquels il communique, tendoient à paſſer de la boule A dans boule B, il faudroit qu'ils commençaſſent par chaſſer dans le tube G B, tout le mercure *e f* contenu dans le fond de la boule A, & comme ce tube a trois ou quatre pouces de hauteur, une colonne de mercure de cette dimenſion forme une réſiſtance que des vapeurs fugitives & peu denſes ne peuvent nullement ſurmonter. Cette réſiſtance n'eſt cependant pas telle, que l'on ne puiſſe, ſi on le juge convenable, laiſſer rentrer l'air dans le récipient, par le robinet qui communique avec l'ajutage auquel eſt ſcellée l'extrêmité C du tube ; l'air chaſſe alors tout le mercure dans la boule B, & rentre ainſi par le bec D dans le récipient. La ſituation de cette boule eſt telle, que l'air, avec quelque impétuoſité qu'il rentre, ne court point riſque de lancer du mercure ſur la platine de la pompe.

Effet de cet inſtrument.

§. 139. Ce petit inſtrument a parfaitement répondu à ſa deſtination ; lorſque j'en ai fait uſage il n'eſt plus ſorti de vapeurs des tuyaux de la pompe ; la rétrogradation a été à-peu-près nulle, & la force deſſiccative de l'air raréfié a été beaucoup plus grande. Car dans des circonſtances à peu-près pareilles à celles de l'expérience dont j'ai donné les détails §. 135, l'Hygrometre, qui dans le récipient plein d'air ſe tenoit à 6, 7 eſt venu par une raréfaction de l'air, égale auſſi à celle de la même

expérience, il est venu dis-je à 25, 9, ce qui fait un desséchement de 35, 8, au lieu de 15 qu'avoit produit la premiere expérience.

Et même comme cet effet de la raréfaction est d'autant plus sensible, que l'air est plus humide, j'ai obtenu dans d'autres expériences que nous verrons bientôt, un desséchement de plus de 67 degrés.

Au reste je dois avertir, que ces expériences, celles surtout qui concernent la rétrogradation produite par les vapeurs qui se dégagent des tuyaux de pompe, sont sujettes à de très grandes variations; car si l'on emploie une pompe dont les tuyaux & les corps aient été nouvellement nétoyés & soigneusement desséchés, elle est très-peu considérable: mais s'il y a longtems qu'elle sert, lors même qu'il n'y seroit point entré d'eau, le frottement des pistons, ou peut-être la dissolution du cuivre, décomposent l'huile & la rendent capable d'exhaler des vapeurs dans un air raréfié.

Les mêmes expériences faites à l'aide du mercure.

§. 140. Enfin pour écarter les doutes qui pourroient naître de l'influence que peut avoir le jeu des pistons sur l'Hygrometre renfermé dans le récipient de la machine pneumatique, j'ai raréfié & condensé de l'air par le moyen du mercure; & j'ai obtenu des résultats absolument semblables: l'Hygrometre a toujours marché au sec dans l'air que je raréfiois, & à l'humide dans celui que je condensois.

Raison générale de ce phénomene.

§. 141. Aprés avoir ainsi solidement établi ce fait, & l'avoir dégagé des accidens qui peuvent le modifier ou le restreindre, il reste encore à trouver & sa cause & ses loix.

La raifon du fait même confidéré fous un point de vue général eft tout à fait évidente. Lorfque l'air fe dilate, les vapeurs qu'il tient en diffolution fe dilatent avec lui, elles fe raréfient comme lui, & par conféquent leur action fur les corps qu'elles peuvent affecter doit être par cela même diminuée.

Premier aperçu fur les loix qu'il doit fuivre

§. 142. Il fembleroit même au premier coup d'œil que ces deux diminutions devroient marcher du même pas; que l'action des vapeurs fur l'Hygrometre, ou ce qui revient au même, les degrés d'humidité qu'il indique, devroient décroître en même raifon que la denfité de l'air.

En effet, fuppofons qu'un pied cube d'air parfaitement faturé d'humidité foit renfermé dans un vafe, dont on puiffe à volonté changer la capacité, fans y admettre aucune vapeur nouvelle & fans laiffer fortir aucune de celles qu'il contient. Que l'on double tout-à-coup la capacité de ce vafe, l'air qu'il renferme fe dilatera par fon élafticité, remplira tout cet efpace; les vapeurs qu'il contient devront auffi néceffairement fe diftribuer uniformément dans ce même efpace; & par conféquent chaque moitié de ce vafe, chacun des deux pieds cubes qu'il contient actuellement ne contiendra plus que la moitié des vapeurs qu'il contenoit avant fon expanfion. Donc un Hygrometre renfermé dans ce vafe ne devroit plus, à ce qu'il femble d'abord, indiquer que la demi-faturation, ou le degré qu'il marque lorfque l'air n'eft abreuvé que de la moitié des vapeurs qu'il peut diffoudre. De même fi l'on quadruploit la capacité du vafe, l'Hygromtere ne devroit plus indiquer que le quart des vapeurs; & enfin fi on le dilatoit infiniment, ou ce qui revient au même, fi l'on pompoit tout l'air que contient ce vafe, l'Hygrometre devroit marquer une féchereffe parfaite.

C'est sans - doute d'après un raisonnement pareil, que le grand géometre Lambert assuroit que dans un vuide parfait l'Hygrometre marqueroit une sécheresse extrême.

§. 143. Mais l'expérience n'a point confirmé ces raisonnemens. A la vérité l'on ne peut pas dire que l'on ait fait aucune expérience de ce genre dans un vuide parfait ; puisqu'aucune pompe n'est capable de le produire : mais on peut au moins affirmer, que l'on s'approche beaucoup plus du vuide parfait, que l'Hygrometre renfermé dans le recipient ne s'approche de la secheresse parfaite, puisqu'il est aisé de raréfier l'air des $\frac{99}{100}$es & que l'on est bien éloigné d'amener l'Hygrometre à la même proximité du terme de la sécheresse. On a vu que malgré les plus grandes précautions, l'Hygrometre se tenoit encore dans le vuide à 25 degrés de la sécheresse extrême.

Cette théorie n'est pas conforme à l'expérience.

J'ai même poussé ces précautions encore plus loin, car dans la crainte que le vuide en favorisant l'évaporation, ne permît à la cire molle d'exhaler quelques vapeurs aqueuses, j'ai posé un récipient sur une plaque de verre parfaitement nette, je l'ai cimenté sur cette plaque avec de la cire d'Espagne qu'on ne peut gueres soupçonner de donner des vapeurs aqueuses; & j'ai ensuite retiré l'air au travers d'une des soupapes à mercure que j'ai décrites plus haut. Cependant le desséchement n'est pas allé plus loin.

§. 144. Pour expliquer ce phénomene & la loi que suivent les desséchemens progressifs d'un air qui se raréfie, il faut avoir recours à un autre principe, savoir à celui des affinités hygrométriques ; & c'est ce que l'expérience confirme de la maniere la plus satisfaisante. Voici cette expérience.

Il faut recourir au principe des affinités hygrométriques.

Expériences ſur les progrès du deſſéchement dans un air qui ſe raréfie.

J'ADAPTE à une bonne pompe la ſoupape mercurielle que j'ai décrite §. 138 ; je renferme un Hygrometre à cheveu dans un récipient bien propre & bien ſec ; je conduis l'air de ce récipient tout près du point de ſaturation en prenant bien garde cependant qu'il ne reſte en arriere aucune humidité ſurabondante, & je le lute avec de la cire bien ſéche. Enſuite je raréfie par gradations l'air de ce récipient, en pompant d'abord un quart ou une huitieme de l'air qu'il contient, puis un autre quart ou une autre huitieme, & ainſi ſucceſſivement juſques à ce que j'aie épuiſé le récipient autant que ma pompe me permet de le faire. Chaque fois que j'ai tiré une de ces parties aliquotes de l'air contenu dans le récipient, avant de commencer un nouvel épuiſement, je laiſſe à l'Hygrometre le tems de parvenir au plus haut point de ſéchereſſe où ce degré de raréfaction puiſſe le conduire.

Explication de la table.

§. 145. J'AI raſſemblé dans la table ci-jointe les réſultats de quatre expériences faites ſur ce plan. Dans les deux premieres l'air à été raréfié de $\frac{1}{4}$ en $\frac{1}{4}$, dans la IIIe. & IVe. il l'a été de $\frac{1}{8}$ en $\frac{1}{8}$, les colonnes verticales ſituées au deſſous des numeros de ces expériences préſentent les quantités des deſſéchemens ou les nombres de degrés dont chaque opération ou chaque épuiſement partiel a fait marcher l'Hygrometre vers la ſéchereſſe. La premiere ligne horizontale au deſſous des chiffres romains, celle qui eſt intitulée *humidité initiale* indique le degré où étoit l'Hygrometre quand j'ai commencé à pomper. La premiere colonne verticale indique les hauteurs auxquelles le barometre annexé à la pompe s'élevoit à meſure que je raréfiois l'air ; & les nombres correſpondans des lignes horizontales, indiquent le nombre de degrés dont chaque raréfaction partielle faiſoit marcher l'Hygrometre vers la ſécherſſe. Enfin la derniere ligne horizontale contient

contient les sommes de tous ces desséchemens successifs & indique la quantité totale de sécheresse qui a été produite dans chacune de ces expériences.

Table des desséchemens produits par la raréfaction graduelle de l'air.

	Hauteur du barometre. pouces : lig.	Iere. expér.	IIme. exp.	IIIme. exp.	IVme. exp.
Humidité initiale.		94, 50	94, 74	97, 37	97, 49
Ire. opération.	3, 4½			4, 75	3, 68
2me. . .	6, 9	9, 98	9, 00	4, 98	4, 51
3me. . .	10, 1½			5, 70	5, 94
4me. . .	13, 6	11, 40	11, 87	6, 65	6, 65
5me. . .	16, 10½			7, 37	8, 20
6me. . .	20, 3	16, 14	15, 91	9, 50	9, 85
7me. . .	23, 7½			11, 16	11, 88
8me. . .	26, 9½	24, 47	25, 18	17, 69	17, 45
Sommes des desséchemens		61, 99	61, 96	67, 80	68, 16

Ces nombres présentent au premier coup d'œil des suites très-irrégulieres. Il semble pourtant que chaque épuisement entraînant hors de la pompe une quantité égale & d'air & de vapeur, devroit produire un effet égal ; que le premier devroit faire baisse l'Hygrometre d'une huitieme, le second d'une autre huitieme, ou du moins d'une quantité égale à la premiere, & ainsi jusques au dernier qui n'extrayant jamais toute la derniere huitieme d'air qui reste dans le récipient, sembleroit devoir produire un effet moins considérable. Et au contraire ces effets vont en croif-

ſant, les premiers ſont beaucoup plus petits qu'une huitieme & les derniers beaucoup plus grands.

Explication des loix du deſſéchement dans un air raréfié.

§. 146. Mais ces irrégularités apparentes que préſentent ces expériences & les nombres qui en expriment les réſultats, s'expliquent, comme je l'ai annoncé, de la maniere la plus ſimple & la plus heureuſe par la théorie générale des affinités Hygrométriques expoſée dans le premier Chapitre de cet Eſſai.

J'ai prouvé dans ce Chapitre, que quand un eſpace limité ne contient qu'une quantité limitée d'eau ou de vapeurs, les corps renfermés dans cet eſpace, s'ils ont quelque affinité avec cette eau ou ces vapeurs, ſe les diſputent en quelque maniere, & que chacun d'eux en abſorbe une quantité proportionnelle à ſon affinité ou à la force avec laquelle il les attire. J'ai fait voir auſſi que l'air & le cheveu exercent ſur les vapeurs cette même attraction & tendent mutuellement à ſe les enlever. Or d'après les loix générales de l'attraction, l'air doit attirer les particules des vapeurs avec moins de force lorſqu'il eſt rare, lorſque les molécules ſont en petit nombre, que quand il eſt denſe. Par conſéquent le cheveu, auquel la raréfaction de l'air n'ôte rien de ſa force attractive, doit avoir une force d'attraction relativement plus grande dans un air rare que dans un air denſe; & par cela même il doit alors abſorber une plus grande quantité de vapeurs, & indiquer une humidité plus grande qu'il ne feroit, toutes choſes d'ailleurs égales, dans un air plus denſe. Ainſi lors même que l'air en ſortant du récipient a entraîné avec lui une moitié des vapeurs, la moitié reſtante, plus fortement attirée par le cheveu que par l'air raréfié qui reſte, affecte ce cheveu plus qu'elle n'auroit fait ſi l'air eût conſervé toute

sa densité; & ainsi l'Hygrometre indique plus de vapeurs qu'il n'en reste réellement dans le récipient.

Lors donc que l'on épuise un récipient par gradations, les premieres opérations desséchent le cheveu dans une raison moins grande que celle de la raréfaction de l'air. Mais les opérations subséquentes produisent des effets continuellement plus grands parce qu'elles entrainent des parties aliquotes continuellement plus grandes des vapeurs actives qui sont restées dans le récipient.

§. 147. Pour déterminer ces raisonnemens avec plus de précision, & les rendre par cela même plus clairs, appliquons les à la IIIe. expérience de la table précédente. Je choisis cette expérience, parce que comme le thermometre ne subit aucune variation dans mon laboratoire pendant que je la fis, la marche de l'Hygrometre fut beaucoup plus reguliére. Application de ces principes à l'expérience III.

Quand je commençai cette expérience, l'Hygrometre étoit à 97, 37. Je pompai d'abord la huitieme partie de l'air contenu dans le récipient; cet air entraîna avec lui la huitieme partie des vapeurs que contenoit ce récipient & ainsi l'Hygrometre auroit dû aller au sec d'une 8e; (*) c'est-à-dire, qu'il auroit dû descendre de 12 degrés & 17 centiemes, qui sont la 8e. de 97, 37. Au lieu de cela il ne descendit que de 4, 75; ce qui prouve que la raréfaction diminua tellement la force attractive de l'air, qu'il laissa prendre au cheveu la valeur de 7 degrés 42 centiemes d'humidité de plus qu'il n'auroit dû faire;

[*] Je fais ces calculs, comme si les degrés de l'Hygrometre étoient réellement proportionnels aux quantités d'eau contenues dans l'air, parce qu'il s'agit ici de l'effet produit sur le cheveu, ou de la quantité dont les vapeurs le dilatent, plutôt que de la quantité absolue de ces mêmes vapeurs.

enforte que bien qu'il ne reftât réellement dans le récipient que la valeur réelle de 85, 20 de vapeurs, cette quantité agit fur l'Hygrometre, précifément comme l'auroient fait dans un air naturel 92, 62 degrés d'humidité. Les phénomenes furent donc exactement les mêmes que fi, au lieu de tirer du récipient la 8e. des vapeurs qu'il contenoit, on en eût tiré le $\frac{1}{3}$ de cette 8e. ou $\frac{1}{24}$e. Je dis pour abréger le tiers au lieu des $\frac{4,75}{12,17}$. qui font la véritable expreffion du rapport.

Dans la feconde opération, j'extrais de nouveau une huitieme de l'air qui étoit originairement dans le récipient, mais cette 8e. eft réellement une 7e. de celui qui y refte dans le moment où je commence cette opération. L'Hygrometre devroit donc defcendre d'une 7e; mais comme l'opération précédente vient de prouver, que la raréfaction diminue la force attractive de l'air, & que le defféchement du cheveu n'eft que le tiers de ce qu'il devroit être, l'Hygrometre au lieu de baiffer d'une 7e. ne baiffe que du tiers d'une 7e. ou d'une 21e.

De même dans la troifieme opération où l'on extrait la 6e. partie de l'air qui refte dans le récipient, l'Hygrometre qui devroit baiffer d'une 6e. ne baiffe réellement que d'une 18e.

En continuant le même raifonnement, on verra que les quantités de vapeurs indiquées par le cheveu, ou plus exactement les degrés de contraction de ce même cheveu après chaque opération forment une fuite dont le premier terme eft le nombre de degrés de l'Hygrometre avant le premier épuifement, le fecond eft égal au premier moins une 24e. de ce même premier, le troifieme eft égal au 2e. moins une 21d de ce même fecond;

& ainsi de suite jusqu'au dernier, qui est égal au pénultieme moins un tiers de ce même pénultieme.

J'ai calculé sur ce principe la IIIe. expérience, à cela près qu'au lieu du nombre 3 que j'avois pris pour exemple, j'ai employé celui de 2, 56 $= \frac{4}{12,} — \frac{75}{17}$, qui est le véritable exposant du rapport que la premiere opération donne entre le desséchement réel & le desséchement apparent.

La table suivante présente le tableau des résultats de ce calcul mis en comparaison avec les résultats de l'expérience.

La premiere colonne contient les diviseurs par le moyen desquels ont été obtenus les nombres de la seconde & de la troisieme. Je suis parti de 97, 37, degré d'humidité qu'indiquoit l'Hygrometre avant la premiere opération; ce nombre divisé par 2, 56 × 8 a donné 4, 75 degrés de desséchement qui sont rapportés dans la troisieme colonne; & cette même quantité de desséchement ayant été retranchée de l'humidité initiale 97, 37, il est demeuré le reste 92, 62, qui est dans la seconde colonne & qui exprime le degré d'humidité qu'indiquoit l'Hygrometre après l'extraction d'une premiere huitieme de l'humidité réelle. Ce même reste 92, 62, divisé par 2, 56 × 7, a donné le desséchement 5, 16, lequel retranché de 92, 62, il est demeuré le reste 87, 46; humidité que l'Hygrometre auroit dû, suivant le calcul, exprimer après l'extraction de la seconde huitieme; & ainsi des autres, jusqu'au dernier diviseur, qui auroit été 2, 56 × 1, si la pompe eût été capable d'extraire en entier l'air du récipient, ou de faire monter son barometre au niveau de celui de l'air libre qui étoit alors à 27 pouces;

mais comme elle ne put l'élever qu'à 26 p. 9 lignes $\frac{1}{2}$ & qu'ainſi au lieu d'extraire la derniere huitieme elle n'en fit ſortir que les $\frac{76}{81}$, le diviſeur a dû être 2, 56 × $\frac{81}{76}$. Vis-à-vis de ces réſultats du calcul, j'ai placé ceux de l'expérience & la derniere colonne verticale, que j'ai intitulée *écarts des différences*, préſente les différences qui ſe ſont trouvées entre les deſſéchemens déduits du calcul, & ceux qui ont été les réſultats de l'expérience dans chaque opération.

		Résultats du calcul.		Résultats de l'expérience.		
	Diviſeurs	*Reſtes en partant de* 97, 37	*Différence ou quantités du deſſéch.*	*Reſtes en partant de* 97, 37	*Différence ou quantités du deſſéch.*	*Ecarts des deſſéch.*
1e. Op.	2, 56×8	92, 62	4, 75	92, 62	4, 75	0, 0
2me.	2, 56×7	87, 46	5, 16	87, 64	4, 98	-- 0, 18
3me.	2, 56×6	81, 77	5, 69	81, 94	5, 70	+0, 01
4me.	2, 56×5	75, 39	6, 38	75, 29	6, 65	+0, 27
5me.	2, 56×4	68, 02	7, 37	67, 92	7, 37	0, 0
6me.	2, 56×3	59, 16	8, 86	58, 42	9, 50	+0, 64
7me.	2, 56×2	47, 61	11, 55	47, 26	11, 16	-- 0, 39
8me.	2, 56×$\frac{81}{76}$	30, 18	71, 43	29, 57	71, 69	+0, 26
Sommes			67, 19		67, 80	+0, 61

Comme j'avois fait cette expérience avec les plus grands ſoins, je pouvois raiſonnablement m'attendre à quelque régularité dans ſes réſultats. J'avouerai cependant, qu'après l'avoir achevée, lorſque je vins à comparer les réſultats que j'avois obtenus avec ceux que me donnoit le calcul, je fus étonné de leur accord, qui eſt en effet très-remarquable, puiſque le plus grand écart & même la ſomme des écarts n'atteint pas les $\frac{2}{3}$ d'un degré.

Cet accord semble former un préjugé favorable & à l'explication que j'ai employée pour rendre raison de ces phénoménes, & à l'instrument qui a servi à les observer.

§. 148. Il y auroit bien des considérations à faire sur ces expériences; mais je me bornerai aux deux suivantes, qui ont le plus de rapport avec la météorologie.

Conséquences météorologiques de ces expériences.

Premierement, que les mêmes degrés de l'Hygrometre qui dans nos plaines indiquent une certaine quantité d'eau contenue dans l'air, en indiquent une quantité sensiblement moins grande sur les hautes montagnes. On peut même déterminer la différence de ces quantités; mais ici, comme il ne s'agit plus de rapports abstraits, nous considérerons les degrés de l'Hygrometre suivant la valeur que leur donnent les expériences du Chapitre précédent, & en particulier la table §. 129, qui est le résultat de ces expériences. Il suit de cette table, que quand l'air contient les $\frac{3}{4}$ des vapeurs nécessaires pour le saturer, l'Hygrometre qui est à l'unisson avec lui se fixe environ à 81 degrés $\frac{1}{2}$. Or je viens de faire voir, §. 147, que quand j'avois extrait d'un récipient les deux huitiémes ou le quart de l'air & des vapeurs contenues dans ce récipient, & que par conséquent il ne restoit plus que les $\frac{3}{4}$ de ces vapeurs, l'Hygrometre, au lieu de descendre à 81 $\frac{1}{2}$ ne descendoit qu'à 87, 64. Mais l'Hygrometre, quand il est à ce degré, indique d'après la table du §. 129, les cinq sixiemes, ou plus exactement les 0, 8428 de la quantité totale des vapeurs nécessaires pour saturer l'air. Donc lorsque l'air est raréfié à ce point, une quantité de vapeurs telle que 0, 75, produit sur l'Hygrometre l'effet que produiroit dans un air non raréfié, une quantité telle que 0, 8428; ou en d'autres termes, si l'Hygrometre étoit au bord de notre Lac

au degré 87, 64 de son échelle ; & le thermometre à 15 ; cela prouveroit que l'air contient environ 9 grains $\frac{1}{3}$ d'eau par pied cube, tandis qu'à la hauteur du S. Bernard, ce même degré de l'Hygrometre au même degré de chaleur ne prouveroit que 8 grains 3 dixiemes.

Une autre considération, qui est un corollaire de la précédente, c'est qu'à mesure que l'air devient plus rare, il faut une quantité d'eau moins considérable pour le saturer. Par exemple, puisqu'à la hauteur du S. Bernard, 8 grains, 3 dixiemes produisent l'effet qu'auroient produit 9 $\frac{1}{3}$ dans la plaine, il ne faudra, toutes choses d'ailleurs égales, pour saturer l'air du S. Bernard, que les $\frac{830}{933}$ de la quantité qu'il eût fallu dans la plaine. Et en appliquant les même raisonnemens aux mêmes expériences, on verra, que si l'air étoit raréfié au point de ne soutenir que deux lignes $\frac{1}{2}$ de mercure, il ne faudroit pour le saturer que la 20e. partie de ce qu'il faut quand il soutient le barometre à 27 pouces.

Mais je reviendrai encore à ce sujet dans le IVe. Essai.

Nouvelles épreuves sur le terme de sécheresse extrême.

§. 149. Je terminerai ce Chapitre en rendant compte d'une épreuve que j'ai faite pour savoir si l'on ne pourroit point pousser le desséchement plus loin encore que je ne fais par l'opération qui sert à fixer le terme de la sécheresse extrême.

J'ai renfermé sous un récipient un Hygrometre avec la plaque de tole chargée d'alkali nouvellement calciné & encore très-chaud, suivant le procédé décrit §. 21. J'ai luté ce récipient avec de la cire sur la platine de la pompe, à laquelle j'avois adapté la soupape mercurielle §. 138. J'ai fait ainsi venir l'Hygrometre au plus haut degré de sécheresse où il pût atteindre,

&

& alors j'ai pompé l'air : mais l'Hygrometre n'a point varié, n'a pas fait le moindre pas vers la sécheresse.

Cette expérience semble bien compléter la preuve de ce que j'ai dit dans le premier Essai ; que le terme auquel j'ai donné le nom de sécheresse extrême, quoiqu'il ne mérite peut-être pas ce nom dans toute sa rigueur, est pourtant un terme fixe & que vraisemblablement nous ne passerons jamais ; puisqu'un moyen aussi puissant que celui du total épuisement de l'air, moyen qui dans certains cas a fait faire à l'Hygrometre plus de 67 degrés vers la sécheresse, ne fait pas la moindre impression sur lui quand il est parvenu à ce terme.

CHAPITRE VII.

QUEL EFFET L'AGITATION DE L'AIR PRODUIT-ELLE SUR L'HYGROMETRE?

Etat de la question.

§. 150. PERSONNE n'ignore, qu'un air agité eſt, toutes choſes d'ailleurs égales, plus deſſiccatif qu'un air tranquille; & on n'ignore pas non plus que cette différence vient, de ce qu'un air qui ſe renouvelle entraîne les vapeurs à meſure qu'elles ſe forment; au lieu que celui qui croupit autour d'un corps humide ſe ſature bientôt & perd ainſi ſa force diſſolvante. Mais ce n'eſt pas là ce qui fait le ſujet de ce Chapitre.

IL ne s'agit pas non plus ici de meſurer la quantité & la rapidité du deſſéchement, entant qu'il dépend du plus ou du moins de viteſſe & du plus ou du moins de ſéchereſſe du vent; cette meſure ſeroit bien du reſſort de l'hygrométrie, mais elle exigeroit une longue ſuite d'expériences délicates, compliquées & qui n'ont point encore été faites.

LE problême que je me ſuis propoſé de réſoudre, c'eſt de ſavoir ſi l'agitation de l'air n'augmente point ſa force diſſolvante; tellement que le même air exigeât plus de vapeurs pour ſa ſaturation lorſqu'il eſt agité, que lorſqu'il eſt tranquille.

Obſervation qui lui a donné lieu.

§. 151. VOICI l'obſervation qui a fait naître ce doute. Il m'eſt ſouvent arrivé de ſuſpendre un de mes Hygrometres à 4 ou 5 pieds au deſſus du ſol, au milieu d'une grande plaine uniforme, d'attendre là qu'il eût pris exactement le degré d'humidité qui régnoit alors dans l'air, & d'obſerver enſuite ſes variations momentanées; la ſenſibilité de l'Hygrometre à cheveu le rendoit propre plus qu'aucun autre, à ce genre d'obſervations.

On sait qu'il y a des jours, où l'air est en général calme, où aucun vent violent & décidé ne l'agite, mais où pourtant, dans un lieu parfaitement découvert il s'éleve de tems en tems quelques petites brizes, qui lui donnent une agitation momentanée. Je remarquois, que constamment ces petites brizes, de quelque côté qu'elles vinssent, faisoient aller l'Hygrometre au sec d'un degré & quelquefois même de deux; après quoi, lorsque l'air s'étoit calmé il revenoit peu-à-peu au point où il étoit auparavant. (*)

Conjecture sur la cause de ce fait.

§. 152. Je me disois à moi-même en réfléchissant sur la cause de ce phénomene; ce petit vent qui s'eleve tout-à-coup au milieu du calme, ne vient surement pas de loin, c'est l'air de la surface de cette même plaine, qu'une rupture d'équilibre momentanée oblige à changer de place; cet air, lorsqu'il étoit tranquille dans la place d'où il est parti, avoit vraisemblablement le même degré d'humidité, qui régnoit ici pendant le calme & il n'a pas pu se dessécher en route, puisqu'il a toujours suivi la surface uniforme de cette plaine. Seroit ce donc son agitation qui, par elle-même & indépendamment de toute autre cause, le rend susceptible d'absorber plus de vapeurs, ou augmente son affinité avec elles?

Expérience qui vient à l'appui de cette conjecture.

§. 153. De retour chez moi, je suspendis le même Hygrometre au milieu de ma chambre, je fermai les portes & les fenêtres,

(*) Je n'ai pas besoin d'avertir, que je me gardois bien de prendre pour une preuve du desséchement le mouvement méchanique que le vent imprime à l'aiguille de l'Hygrometre en soufflant contre le cheveu; je le préservois de l'impulsion du vent avec mon chapeau, ou de quelqu'autre maniere. D'ailleurs la sécheresse produite par une bouffée de vent, ne cessoit pas immédiatement avec elle, l'Hygrometre employoit quelques momens à revenir au point d'où il étoit parti.

je m'aſſis à cinq ou ſix pieds de diſtance de l'Hygrometre après avoir placé auprés de lui un grand écran; je demeurai là tranquille juſques à ce que je puſſe croire que l'Hygrometre & l'écran avoient pris le degré d'humidité qui régnoit alors dans la chambre, & qu'ils avoient reçu du voiſinage de mon corps toute l'influence qu'il pouvoit avoir ſur eux: alors ſans changer de place je me mis à agiter l'écran avec vivacité comme un évantail auprès de l'Hygrometre: au bout de huit ou dix minutes je ceſſai ce mouvement, & je trouvai que l'Hygrometre étoit allé au ſec d'environ les trois quarts d'un degré. La même expérience répétée pluſieurs fois donna toujours le même réſultat.

Expérience plus exacte qui la renverſe.

§. 154. Cependant cette épreuve ne me ſatisfaiſoit pas pleinement; je craignois que cette agitation n'eût amené auprès de l'Hygrometre un air plus ſec, ou du haut de la chambre ou du voiſinage de mon corps. Pour trancher la queſtion par une expérience déciſive, je fis faire une eſpece de moulinet, dont les 4 ailes, d'acier fort mince, chacune d'un pouce & demi de rayon ſur 6 pouces de hauteur, étoient miſes en mouvement par un reſſort ſemblable à celui d'une groſſe pendule qui les faiſoit tourner pendant dix minutes avec beaucoup de rapidité. Je renfermai dans un vaſe de verre cylindrique ce moulinet avec un Hygrometre ſitué de façon, que le cheveu étoit bien expoſé au vent produit par le moulinet; & je lutai ſoigneuſement toutes les jointures du vaſe, enſorte que l'air qu'il contenoit n'eût aucune communication avec l'air extérieur. Cette petite machine étoit conſtruite de maniere, que je pouvois à mon gré, remonter le reſſort, faire mouvoir les ailes, ou les arrêter ſans déluter le vaſe & même ſans ouvrir aucune communication entre lui & l'air de la chambre.

Après avoir tout ainſi diſpoſé, je laiſſai l'Hygrometre pren-

dre bien son assiette dans le vase, j'observai le degré auquel il s'étoit fixé, c'étoit le 82e; alors je lâchai le ressort, & au moment où le moulinet s'arrêta j'observai de nouveau l'Hygrometre; je le trouvai à 81, 2; le thermometre joint à l'Hygrometre n'avoit point varié pendant l'expérience; ensorte que je ne croyois pas pouvoir attribuer cette variation à aucune autre cause, qu'à un accroissement de la force dissolvante de l'air produit par l'agitation de ce fluide.

Je répétai sur le champ l'expérience en remontant le ressort & le laissant écouler immédiatement après; mais à ma grande surprise l'effet ne fut plus le même, l'Hygrometre ne continua pas d'aller au sec & pourtant le thermometre monta d'une cinquieme ou d'un quart de degré. Je laissai alors l'appareil tranquille pendant quelques heures & je vis de nouveau, que la premiere révolution du moulinet faisoit aller l'Hygrometre au sec, mais que les suivantes n'augmentoient point l'effet de la premiere.

Après avoir bien réfléchi sur la cause de cette bizarrerie, il me parut évident, que le frottement des roues & des pivots du moulinet produisoit un certain degré de chaleur, qui agissant immédiatement sur l'air, augmentoit sa force dissolvante & affectoit ainsi le cheveu avant de faire mouvoir le thermometre, qui est beaucoup moins sensible que l'Hygrometre lorsque celui-ci approche du terme de la saturation. Or une seconde expérience n'augmentoit point la chaleur que ces rouages étoient susceptibles d'acquérir, parce que cette chaleur a bientôt atteint son maximum: la chaleur ne s'accroissant pas l'Hygrometre ne continuoit pas d'aller au sec, & cependant la continuité de cette même chaleur faisoit enfin monter le mercure dans le thermometre.

Explication de l'effet des coups de vents.

§. 155. Pourquoi donc les petits coups de vent que j'ai décrits plus haut, font ils marcher l'Hygrometre d'un ou deux degrés vers la ſéchereſſe ? C'eſt parce que l'agitation qu'ils produiſent mêle à l'air que le voiſinage de la terre tient toujours un peu humide, un air plus élevé & plus ſec.

En effet j'ai reconnu par diverſes expériences, que l'Hygrometre par un tems calme ſe tient d'autant plus à l'humide qu'il eſt plus près de la ſurface de la terre, & qu'il marche vers la ſéchereſſe à meſure qu'on l'éleve, à moins que la différence de chaleur produite par la réverbération des rayons du ſoleil ne ſoit très-conſidérable, ou que le ſol ne ſoit un roc ou un ſable abſolument aride.

Voici une de ces obſervations. Le 25 mars 1781, à midi, par un beau ſoleil & un air de bize à peine ſenſible, je ſuspendis mon Hygrometre le plus près de terre poſſible ſur un pré ſtérile & pierreux dont l'herbe n'avoit point encore pouſſé. Il ſe fixa là à 55^{d}. le thermometre étant à 14 $\frac{1}{2}$. J'élevai enſuite l'Hygrometre à trois pieds 8 pouces de hauteur au deſſus de cette même place, & il marcha de 2 degrés $\frac{1}{2}$ vers la ſéchereſſe, quoique le thermometre deſcendît à 12, 7. De-là je le portai ſur le bord d'une petite colline qui dominoit de 50 à 60 pieds le lieu où j'avois fait cette obſervation, je le ſuſpendis à 3 pieds 8 pouces au deſſus de terre, & il ſe fixa à 50, c'eſt-à-dire qu'il fit encore 2 degrés $\frac{1}{2}$ vers la ſéchereſſe, quoique le thermometre deſcendît à 12. Les réſultats euſſent été bien plus ſenſibles, ſi le terrein avoit été humide, mais le ſol étoit ſec, pierreux, & il faiſoit depuis pluſieurs jours un tems très-beau & très-ſec,

§. 156. L'AGITATION de l'air est donc une cause de sécheresse, lorsqu'elle mêle aux couches inférieures de l'air abreuvées de l'humidité de la terre, les couches supérieures qui en contiennent une moins grande quantité. Mais cette agitation seule n'augmente pas par elle-même la force dissolvante de l'air, comme on auroit pu être tenté de le croire. Conclusion.

CHAPITRE VIII.

COMMENT L'HYGROMETRE EST-IL AFFECTÉ PAR L'ELECTRICITE?

Introduction.

§. 157. LA Nature fait ſouvent aux queſtions que lui propoſent les phyſiciens, des réponſes fort différentes de celles qu'ils attendoient. Combien de fois le philoſophe n'eſt-il pas ſéduit par de fauſſes apparences d'analogie, par des théories défectueuſes, ou trompé par les mépriſes & les fauſſes obſervations de ceux qui l'ont précédé!

Après les expériences par leſquelles on a prouvé que l'électricité augmente l'évaporation, n'auroit-on pas cru qu'un Hygrometre expoſé à ſon action marcheroit au ſec avec la plus grande rapidité? J'étois ſi prevenu en faveur de cette opinion, que lorſque je vis l'Hygrometre demeurer immobile malgré l'électricité la plus animée, je crus que mes yeux me trompoient, ou que l'inſtrument étoit dérangé: ce ne fut qu'après avoir répété & varié l'expérience de mille manieres & avec différens inſtrumens, que je reconnus enfin qu'on n'avoit pas circonſcrit cette opinion dans ſes juſtes limites.

Hygrometre ſoumis à l'action de l'électricité.

§. 158. Pour procéder avec exactitude, je plaçai dans mon laboratoire & dans des ſituations auſſi ſemblables qu'il étoit poſſible deux Hygrometres à cheveu, qui pouvoient à volonté être ou n'être pas électriſés en établiſſant ou en ſupprimant des communications avec le conducteur d'une machine électrique de la plus grande force. Lorſqu'ils ſe furent mis en équilibre avec l'air du laboratoire, j'électriſai l'un des deux ſans électriſer l'autre.

Sur

Sur le champ la répulsion produite par le côté KK du cadre, Pl. I. f. 2. écarta & agita si vivement le cheveu qui l'avoisine qu'il me fut impossible de connoître si l'electricité le desséchoit ou non. Pour parer à cet inconvénient, j'assujetis symmétriquement des trois autres côtés du cheveu, des fils de métal semblables à celui qui forme le cadre, & à la même distance du cheveu, de maniere qu'également repoussé de toutes parts le cheveu ne pouvoit plus se jeter d'un côté plûtot que de l'autre.

L'électricité ne fait point varier l'Hygrometre.

Je l'électrisai de nouveau muni de cet appareil; mais alors l'électricité ne produisit plus sur lui aucun effet, quoique ces fils ne gênassent point son mouvement, & qu'ils fussent eux-mêmes, ainsi que toutes les parties de l'Hygrometre très-fortement électrisés. J'électrisai l'autre Hygrometre avec les mêmes précautions, & le résultat fut le même.

Je répétai encore ces épreuves avec un grand Hygrometre à arbre extrêmement sensible Pl. I. f. 1. Comme dans celui-ci le cheveu est situé entre trois montans, leur répulsion le jetoit en avant, mais lorsque j'en eus placé sur le devant un quatrieme à la même distance que les trois autres, cette répulsion cessa & l'Hygrometre demeura fixe au même point, si ce n'est que l'aiguille avoit une espece de frémissement occasioné par quelques mouvemens que le fluide électrique imprimoit au cheveu; mais ces oscillations n'alloient qu'à un ou deux degrés & aussi souvent du côté de l'humidité que de celui de la sécheresse.

Je pensai alors que l'effet de l'électricité seroit peut-être plus sensible dans un air humide, j'attendis un tems très-humide, je tins toutes les fenêtres ouvertes, l'Hygrometre vint à 89,

mais l'électricité n'eut pas pour cela plus d'effet sur l'Hygrometre.

Enfin j'imaginai de produire un courant de fluide électrique & de le forcer à traverser continuellement un Hygrometre placé dans un lieu très-humide; je pensois que peut-être ce courant entraîneroit avec lui une partie de l'humidité du cheveu. Je suspendis un Hygrometre dans un cylindre de verre percé de part en part; je couvris ses deux extrêmités avec des plaques de métal, mais je ne les lutai point avec le verre, afin que l'air extérieur pût avoir quelque communication avec celui qui étoit renfermé dans le cylindre. Avant de l'électriser, je l'isolai & j'insinuai dans son intérieur une carte mouillée: cette carte fit marcher l'Hygrometre à l'humide & je la retirai lorsqu'il fut parvenu près du 94e. degré. La carte n'y étant plus, & le cylindre n'étant point luté, l'air humide qu'il renfermoit commença à se dessécher & l'Hygrometre à marcher doucement & uniformément vers la sécheresse. J'observai attentivement avec une montre à secondes le tems qu'il falloit à l'aiguille pour faire un certain nombre de degrés; alors j'établis subitement une communication entre la plaque supérieure du cylindre & le conducteur; & tandis que le cylindre étoit ainsi électrisé, je tirois des étincelles de la plaque inférieure, ensorte que l'Hygrometre lié par des communications métalliques avec les deux plaques, se trouvoit exposé à l'action d'un courant de fluide électrique, qui traversoit tout l'intérieur du cylindre. Cependant je ne pus point observer que ce courant accélérât le dessèchement du cheveu; & cette expérience variée & répétée de différentes manieres faciles à imaginer donna toujours le même résultat.

L'Electricité. §. 159. Faut-il donc accuser d'erreur ces Physiciens célé-

bres, qui ont cru démontrer par leurs expériences que l'électricité augmentoit beaucoup l'évaporation ? Je ne saurois le présumer, mais je crois qu'il faut soigneusement distinguer l'eau en nature ou les corps chargés d'une humidité surabondante d'avec ceux qui ne sont point supersaturés & qui ne contiennent que de l'eau combinée jusques à un certain point avec leurs élémens & unie avec eux par ce genre d'affinité que j'ai nommée *affinité hygrométrique.*

entraîne l'eau surabondante & non pas l'eau combinée.

Vraisemblablement c'est cette eau libre & surabondante que le fluide électrique entraîne, soit en se combinant avec elle, soit plutôt en produisant un courant d'air à la surface des corps qui la contiennent ; & c'est effectivement sur de l'eau libre ou sur des corps supersaturés d'eau qu'ont été faites toutes les expériences par lesquelles on a prouvé l'influence de l'électricité sur l'évaporation.

§. 160. Voici une expérience-très simple que j'ai faite pour éprouver la vérité de cette conjecture.

Expérience qui le prouve.

J'ai pris deux cartes parfaitement égales entr'elles & pour le poids & pour la grandeur : leurs dimensions étoient doubles de celles d'une carte à jouer ordinaire, elles avoient 3 pouces de largeur sur 4 $\frac{3}{4}$ de hauteur ; leur poids étoit de 45 grains. Le laboratoire dans lequel j'ai fait cette expérience ne contenoit point de feu, les portes & les fenêtres étoient fermées, ensorte qu'il ne pouvoit survenir dans l'air aucun changement sensible. Là j'ai suspendu ces deux cartes dans des situations semblables, à cela près que l'une étoit électrisée tandis que l'autre ne l'étoit pas. Après quinze minutes d'électrisation je les ai repesées, elles étoient encore parfaitement égales. Peut-être soup-

çonnera-t-on que ces cartes qui paroiſſoient féches au toucher ne contenoient pas aſſez d'humidité pour qu'une déperdition partielle de cette humidité fût ſenſible à la balance. Pour lever ce doute, je voulus voir l'effet que produiroit ſur elles un ſéjour de quelques minutes dans un air plus ſec. L'Hygrometre dans le laboratoire où j'avois fait cette épeuve & dans lequel je les avois laiſſées pendant deux heures pour qu'elles ſe miſſent en équilibre avec l'air qu'il contenoit; cet Hygrométre, dis-je, étoit à 83, & le thermometre à 4 $\frac{3}{4}$. Mais dans la chambre où je les tranſportai, l'Hygrometre étoit à 68 & le thermometre à 9 $\frac{1}{2}$. Au bout d'un quart d'heure les cartes ſe trouverent plus légeres, chacune d'un quart de grain, & lorſque je les eus expoſées pendant quelques momens devant le feu à un degré de chaleur ſuffiſant pour les réchauffer, mais non point pour changer le moins du monde leur couleur, elles ſe trouverent avoir perdu trois grains & demi chacune.

Le fluide électrique n'a donc point comme le feu, le pouvoir de convertir en vapeurs l'eau que les corps retiennent dans leurs pores & qui eſt unie avec leurs élémens par ſon affinité avec eux.

Mais il peut leur enlever l'eau ſurabondante; car lorſque j'eus également humecté ces deux cartes, en faiſant boire préciſément 10 grains d'eau à chacune d'elles; celle qui fut électriſée enſuite pendant un quart d'heure perdit deux grains de ſon poids, & celle qui ne le fut pas n'en perdit qu'un & demi, quoi qu'elle fût d'ailleurs ſituée préciſément de même; d'où il ſuit que le fluide électrique enleva en 15 minutes un demi-grain d'eau à la carte qui étoit ſoumiſe à ſon action.

§. 161. Ces expériences prouvent donc qu'il faut mettre une restriction à la théorie qui affirme trop généralement que l'électricité favorise l'évaporation. Elle augmente celle des corps supersaturés, mais elle n'en produit aucune dans ceux qui ne contiennent point d'eau surabondante. Conclusion.

Il n'y a donc aucune correction à faire aux observations hygrométriques relativement à la quantité plus ou moins grande d'électricité qui peut se trouver dans l'air.

CHAPITRE IX.

L'AIR INFLAMMABLE ET L'AIR FIXE ONT-ILS AVEC LES VAPEURS LES MEMES RAPPORTS QUE L'AIR COMMUN ?

Introduction.

§. 162. Cette queſtion curieuſe & ſurement bien nouvelle, m'a paru intéreſſer l'hygrométrie, depuis que l'on a prouvé que ces deux fluides aériformes pouvoient ſe rencontrer en très grande quantité, l'un dans les régions les plus élevées & l'autre dans les couches les plus baſſes de l'atmoſphere. J'ai donc ſouhaité de connoître leurs rapports avec les vapeurs, ſoit lorſqu'ils ſont purs ou à-peu-près tels, ſoit lorſqu'ils ſont mélangés en diverſes doſes avec l'air commun.

Difficultés à ſurmonter.

§. 163. Ces expériences n'étoient pas ſans difficulté. Il s'agiſſoit d'abord de ſe procurer ces fluides élaſtiques ſecs, & de s'aſſurer même par des épreuves très-exactes du degré de leur ſéchereſſe. Or tous les moyens que l'on peut employer pour obtenir ces fluides, le feu même lorſqu'il les dégage des corps qui les contiennent, dégage auſſi en même-tems une certaine quantité d'eau qui les accompagne; enſorte que, & ces fluides & les vaſes qui les reçoivent ſont toujours humides au moment de leur production; il falloit cependant pour ces expériences, ſinon deſſécher complétement ces fluides, du moins les ramener à un état pareil à celui de l'air atmoſphérique avec lequel je voulois les comparer.

J'y parvins par un moyen fort ſimple. On ſait deja que l'air inflammable peut ſe conſerver pendant long-tems dans des veſſies ſans y ſouffrir d'altération ſenſible. On ſait auſſi qu'une veſſie

bien remplie d'un fluide aériforme quelconque, lorsqu'elle est exposée à l'air s'y desséche, tant intérieurement qu'extérieurement; & que par conséquent d'après les principes établis dans le premier chapitre de cet essai, la vessie elle-même & l'air qu'elle renferme se mettent hygrométriquement en équilibre avec l'air extérieur.

Je pouvois donc en renfermant dans une vessie mon air inflammable, le dessécher au même point que l'air atmosphérique; mais il falloit ensuite le faire passer de cette vessie dans un vase de verre qui contînt un Hygrometre. Ici la machine pneumatique vint à mon secours, & me servit à opérer cette transfusion.

§. 164. Pour mettre entre mes expériences de comparaison la plus grande parité possible, je préparai deux vessies semblables; j'adaptai à chacune d'elles un robinet, qui entroit à vis dans une ouverture qui est au-dessous de la platine de ma pompe; ensorte que, par cette ouverture, je pouvois en ouvrant le robinet, faire entrer dans le récipient l'air renfermé dans la vessie. Détails de l'expérience.

Je remplis l'une de ces vessies d'air inflammable tiré du fer, par le secours de l'acide vitriolique, & l'autre d'air commun; je les suspendis l'une auprès de l'autre au milieu de mon laboratoire, & je les laissai-là pendant plusieurs jours, jusques à ce qu'elles ne parussent plus imbues d'aucune humidité surabondante.

Alors je pris un petit récipient; j'y logeai un Hygrometre, & je lutai le récipient sur la platine de la pompe. Avant de

faire le vuide, j'adaptai ſous la platine la veſſie qui contenoit l'air commun; afin d'éprouver premierement cet air & de lui comparer enſuite l'air inflammable. Je notai alors le degré de l'Hygrometre renfermé dans le récipient; il étoit à 61; puis je pompai l'air du récipient, tandis que le robinet de la veſſie étoit fermé, & qu'ainſi l'air qu'elle contenoit ne pouvoit point entrer dans le récipient. L'Hygrometre marcha au ſec pendant que l'air ſe raréfioit, comme cela arrive toujours, & au bout d'une demi-heure il ſe fixa à 40 degrés. (*) Alors j'ouvris le robinet de la veſſie, la preſſion de l'air extérieur chaſſa dans le récipient l'air commun que contenoit cette veſſie; & le récipient étant ainſi rempli d'air, l'Hygrometre retourna, non pas préciſément à 61 degrés où il étoit avant l'expérience, mais à 59 degrés $\frac{1}{2}$ (**).

Connoiſſant ainſi les affections hygrométriques de l'air commun renfermé dans une veſſie, je paſſai à l'air inflammable. Pour cela je détachai de la pompe la veſſie qui contenoit l'air commun, & j'adaptai à ſa place celle qui renfermoit l'air inflammable. Alors, tenant le robinet fermé, je fis ſortir du récipient l'air commun dont il étoit rempli, ce qui fit revenir l'Hygrometre à 40 degrés; après quoi en ouvrant le robinet de la veſſie, le récipient ſe remplit d'air inflammable. L'introduction de

(*) Ce deſſéchement qui n'eſt que de 21 degrés, eſt beaucoup moins conſidérable que celui que j'avois obtenu dans les expériences du chap. VI; premierement, parce que je ſuis parti dans celles-ci d'un terme beaucoup plus ſec; enſuite, parce que la pompe dont je me ſuis ſervi étoit moins bonne, & qu'enfin les ſoins que j'ai employés dans celles-ci tendoient à mettre la plus grande parité entre les épreuves, & non à obtenir le plus haut point de deſſéchement.

(**) Cette différence prouve que l'air dans la veſſie étoit ſenſiblement plus ſec que celui que contenoit le récipient avant ſon évacuation; car s'il eût été au même point, l'Hygrometre, lorſqu'on rendit l'air, au lieu de revenir à 1 $\frac{1}{2}$ degré de plus au ſec, ſeroit revenu à 2 ou 3 degrés de plus à l'humide. *Voyez* §. 136.

cet

cet air fit, comme celle de l'air commun, marcher l'Hygrometre à l'humide, & même de quelques degr és de plus, car il vint à 62, 3. Il y eut donc cette différence entre l'air inflammable & l'air commun, c'est que l'introduction de celui-ci fit marcher l'Hygrometre de 2 degrés $\frac{8}{10}$ de plus à l'humide, qu'il n'étoit avant que l'on eût fait le vuide; au lieu que l'air commun, en rentrant, avoit ramené l'Hygrometre à 1 degré $\frac{1}{2}$ de plus au sec. La différence totale entre leurs effets fut donc de 4, 3.

Aprés cette épreuve, le récipient se trouvoit rempli d'air inflammable, mêlé seulement d'une 54e. partie d'air commun que l'imperfection de ma pompe laisse en arriere dans le récipient; mais cette quantité étant bien peu considérable, j'étois très-curieux de voir si lorsque je raréfierois cet air inflammable, l'Hygrometre marcheroit au sec comme il le fait dans l'air commun. Je pompai donc cet air, & l'Hygrometre alla au sec de 19 degrés $\frac{1}{2}$, précisément comme il avoit fait dans la précédente épreuve où il étoit descendu de 59 $\frac{1}{2}$ à 40 degrés.

La même expérience répétée & variée.

§. 165. Pour obtenir, dans mon récipient, de l'air inflammable encore plus pur, j'ouvris pendant qu'il étoit vuide, le robinet de la vessie, & il se remplit de nouveau d'un air inflammable, dans lequel la portion restante d'air commun, savoir, la 54e. d'une 54e. ou une 2916e., est une quantité que l'on peut regarder comme nulle dans des épreuves de ce genre. La rentrée de cet air fit monter l'Hygrometre à 59, 7; c'est-à-dire, à 2, 6 plus au sec qu'il n'étoit avant qu'on épuisât l'air; car on a vu plus haut que l'air inflammable en entrant, pour la premiere fois, dans le récipient, l'avoit fait venir à 62, 3.

Cette épreuve répétée une troisieme fois, me donna exactement les mêmes résultats; l'évacuation du récipient fit faire à l'Hygrometre 19 degrés $\frac{1}{2}$ vers la sécheresse, & la rentrée de l'air inflammable le fit revenir à l'humide, mais de 2 degrés $\frac{1}{2}$ de moins qu'il n'étoit avant que l'on fît le vuide. c'est-à-dire, à 57, 2.

Réflexions sur ces expériences.

§. 166. Comme ces phénomenes sont à très-peu près les mêmes que ceux que présentoit l'air commun renfermé dans une vessie semblable, il semble que l'on est bien en droit de conclure que, dans ces circonstances, l'air inflammable agit sur l'Hygrometre, comme le fait l'air athmosphérique.

La seule différence un peu notable a paru la premiere fois que l'air inflammable est sorti de la vessie, pour passer dans le récipient; il a fait faire alors à l'Hygrometre, environ 4 degrés de plus vers l'humidité que n'avoit fait l'air commun. Mais en comparant cette épreuve avec les suivantes, on est bien porté à croire que cette différence vient de quelque portion d'humidité qui se sera nichée dans le trou du robinet; car il est clair que s'il en reste dans ce trou lorsqu'on ferme le robinet, elle ne peut point en sortir jusqu'à ce que le robinet étant ouvert, l'air en entrant dans le récipient la chasse & l'entraîne avec lui. Or, ce qui paroît prouver que c'est bien là la cause de ce phénomene, c'est que dans les deux répétitions suivantes de la même épreuve, l'air inflammable, en rentrant dans le récipient, n'a point, comme dans la premiere, ramené l'Hygrometre plus à l'humide qu'il n'étoit avant la raréfaction de l'air; sans doute, parce que l'air, en traversant avec force ce passage étroit, l'avoit entiérement desséché dès la premiere opération.

§. 167. CEPENDANT il me restoit encore un doute, je pensois que cette humidité pourroit être venue du mêlange de l'air inflammable avec cette 54e. partie d'air commun qui étoit restée dans le récipient; & je souhaitois d'autant plus d'éclaircir ce doute, que dernierement un Physicien Italien (*Pignotti*, *Congetture Meteorologiche*) a supposé que des vapeurs phlogistiques, & spécialement l'air inflammable, pourroient avoir la propriété de précipiter l'eau que l'air tient en dissolution, & il a prétendu expliquer ainsi, comme je le dirai dans la suite, les variations du barometre. J'ai donc cru devoir observer les effets du mêlange de l'air inflammable avec l'air athmosphérique.

Doute & expérience sur le mêlange des deux especes d'air.

POUR opérer ce mêlange, tandis que mon récipient étoit encore plein d'air inflammable, dans lequel l'Hygrometre se tenoit à 57, 6, j'ai pompé la moitié de cet air, & j'ai remplacé cette moitié par de l'air commun. L'Hygrometre que l'extraction de cette moitié avoit fait venir environ à 50 degrés, est remonté par la rentrée de l'air commun à 56, 9; ce qui est à très-peuprès proportionnel à l'effet que l'air inflammable avoit produit dans les expériences précédentes.

LE mélange de l'air inflammable avec l'air commun ne précipite donc, en aucune maniere, les vapeurs que celui-ci tient en dissolution; ces deux airs se mêlent paisiblement & agissent l'un sur l'autre, du moins relativement à l'hygrométrie, précisément comme le feroient deux portions de la même espece d'air.

§. 168. ENFIN, pour faire encore un pas de plus dans la comparaison de ces deux especes d'air, j'ai voulu voir, si un corps supersaturé d'humidité & renfermé dans un vase rempli de

L'air inflammable dissout l'eau comme l'air commun.

cet air, y souffriroit une évaporation semblable à celle qu'il souffre dans l'air atmosphérique, & feroit semblablement marcher l'Hygrometre vers l'humidité. Pour cela, j'ai rempli le récipient d'air inflammable pur, j'y ai insinué, par le trou de la platine, une carte humectée, mais essuyée ensuite & roulée sur elle-même ; sur le champ l'Hygrometre a commencé à marcher du côté de l'humidité, & il est venu tout près de l'humidité extrême par les mêmes gradations, & à-peu-près dans le même tems qu'il auroit employé s'il eût été plein d'air commun. (*)

Au reste, je dois avertir que, pour savoir si cet air ne s'étoit point dénaturé pendant ces expériences, avant de lever le récipient, j'en remplis une petite seringue, & je l'injectai dans la flamme d'une bougie, où il s'enflamma avec beaucoup de vivacité.

Effet de l'air inflammable sur divers métaux.

§. 169. Je ne dois pas non plus oublier de faire observer un effet assez remarquable que produisit cet air sur les corps métalliques renfermés dans le récipient. Il agit d'abord sur la lame d'argent sur laquelle est monté le thermometre annexé à l'Hygrometre ; la surface de cette lame devint d'un beau rouge, brillant & changeant en pourpre. Le laiton de l'Hygrometre, de même que le mercure logé dans la boule du tube, qui interdit aux vapeurs de la pompe l'entrée du récipient, demeurerent intacts, jusqu'à ce que j'eusse introduit la carte mouillée pour saturer d'humidité l'air inflammable renfermé dans le réci-

(*) Il eût peut-être fallu, pour compléter le parallele, rechercher encore, si l'air inflammable exige, pour sa saturation, la même quantité d'eau que l'air atmosphérique ; mais cette question ne m'a pas paru mériter la peine que donneroient les expériences nécessaires pour la résoudre, & j'ai cru avoir, au moins pour ma part, assez approfondi ce sujet.

pient. Mais dès que cet air fut saturé, son activité en devint plus grande, le cuivre se noircit, & toute la surface du mercure devint d'un beau bleu tirant sur le pourpre.

PENDANT toutes ces expériences, le thermometre se soutenoit, dans mon laboratoire, entre 20 & 21 degrés.

§. 170. J'EMPLOYAI pour l'air fixe les mêmes procédés que pour l'air inflammable, avec cette seule différence, qu'avant d'introduire l'air fixe dans la vessie, j'eus soin de la faire sécher & de l'imbiber bien complétement d'huile d'olives; sans cette précaution, l'air fixe passe par la vessie comme au travers d'un crible, mais l'huile le retient sans l'altérer en aucune maniere, & n'empêche cependant pas que l'humidité surabondante ne s'échappe peu à peu, & qu'ainsi l'air renfermé dans cette vessie ne se mette hygrométriquement en équilibre avec l'air ambient (*)

Mêmes expériences & mêmes résultats avec l'air fixe.

LES résultats de mes expériences avec l'air fixe furent les mêmes qu'avec l'air inflammable; ou s'il y eut quelque différence, ce furent des différences minimes & purement accidentelles.

JE crois donc pouvoir assurer que, malgré l'énorme dissem-

(*) Il est très-commode de renfermer ainsi l'air fixe dans des vessies huilées, lorsque l'on veut l'injecter dans des plaies cancéreuses. Il seroit bien à souhaiter que les Chirurgiens étudiassent avec soin les effets de ce nouveau remede. Je l'ai essayé deux fois, & toujours il a diminué considérablement les douleurs & détruit presqu'entiérement la fétidité de la plaie; il a même donné les plus grandes espérances; mais malheureusement, dans l'un & l'autre cas, le mal avoit fait de trop grand progrès pour qu'aucun remede pût opérer sa guérison.

blance de ces fluides aëriformes, soit relativement à la matiere qui les compose, soit par rapport à leur densité, ils se comportent & dans le vuide & dans le plein, & purs & mêlés avec l'air commun, de la même maniere que l'air que nous respirons; ensorte que leur mêlange avec l'air de l'atmosphere, ne peut certainement apporter aucun changement sensible à ses modifications hygrométriques.

CHAPITRE X.

PROJET ET EXEMPLE DE TABLES GÉNÉRALES DÉSTINÉES A EVALUER LES INDICATIONS DE L'HYGROMETRE DANS TOUTES LES MODIFICATIONS DE L'AIR QUI PEUVENT INFLUER SUR LUI.

§. 171. LA plupart de ceux qui consultent un Hygrometre, ne se proposent d'autre but que de connoître, par son moyen, le degré de saturation de l'air ; ils veulent savoir si l'air est disposé à abandonner les vapeurs dont il est chargé, ou bien s'il seroit au contraire avide d'en absorber de nouvelles. Et il faut avouer que c'est bien-là le point qui intéresse le plus la généralité des hommes par rapport à la santé, à l'agriculture ou à l'économie. Or, l'Hygrometre satisfait, à cet égard, notre curiosité, sans le secours d'aucune table ; la simple connoissance du degré qu'il indique, si ses termes d'humidité & de sécheresse extrêmes sont bien connus & bien déterminés, nous apprend combien l'air est éloigné du terme de saturation, & par cela même, combien il est disposé à déposer ou à absorber des vapeurs. Introduction.

Mais cette connoissance ne suffit pas au Physicien ; ce n'est pas assez pour lui que de savoir quelles sont les dispositions actuelles de l'air ; il veut, outre cela, connoître les causes de ces dispositions ; souvent même ses spéculations exigeroient qu'il connût la quantité absolue de l'eau qui est contenue dans l'air. C'est à cet usage que sont destinées les tables dont je donne, dans ce chapitre, la construction & un premier essai

Principes généraux.

§. 172. J'ai prouvé, dans les chapitres précédens, que le degré de ſaturation d'un volume donné d'air ne peut dépendre que de la quantité de vapeurs aqueuſes contenues dans cet air, de ſa chaleur & de ſa denſité. Il ſuit de-là, que ces trois conditions déterminent le degré de ſaturation, & que réciproquement le degré de ſaturation & deux quelconques de ces trois conditions, déterminent néceſſairement la troiſieme. Or, comme nous connoiſſons, par l'Hygrometre, le degré de ſaturation de l'air; par le thermometre, ſa chaleur; & par le barometre, ſa denſité; il n'y a que la quantité d'eau qu'il contient que nous ne connoiſſions pas immédiatement, & pour laquelle nous ayons beſoin du ſecours de l'expérience. Il faut donc faire ces expériences, & les employer à conſtruire des tables qui préſentent toutes les combinaiſons poſſibles de ces quatre conditions réunies.

Idée générale de ces tables.

§. 173. Le but que l'on doit ſe propoſer, eſt donc d'obtenir pour chaque degré de denſité de l'air; par exemple, pour chaque pouce du barometre, une table à double entrée, dont la premiere colonne horiſontale contienne les degrés du thermometre, & la premiere colonne verticale, les degrés de l'Hygrometre, tandis que les caſes correſpondantes contiendront des nombres, qui exprimeront en grains & en fractions de grains, le poids des vapeurs diſſoutes dans un pied cube d'air. Lorſqu'on auroit cette ſuite de tables, je ſuppoſe que, dans un moment donné, le barometre fût à 27 pouces, le thermometre à 10 degrés & l'Hygrometre à 85, je prendrois la table conſtruite pour 27 pouces, & je chercherois, dans cette table, la caſe qui correſpond à 10d. du thermometre & à 85 de l'Hygrometre; le nombre 7, 2 que je trouverois dans cette caſe, m'apprendroit

m'apprendroit que dans ces circoustances chaque pied cube d'air contient 7 grains 2 dixiemes d'eau reduite en vapeurs. Et réciproquement si je savois que dans une certaine occurrence l'air contenoit 7 grains 2 dixiemes d'eau par pied cube, le thermometre étant à 10 degrés & le barometre à 27 pouces, la table m'apprendroit que dans ce moment là, l'Hygrometre a du être à 85 degrés. Je pourrois de la même maniere trouver le degré du thermometre, & même la hauteur du barometre, si les trois autres conditions m'étoient connues.

§. 174. La méthode la plus réguliere de construire ces tables par la voie de l'expérience, seroit de commencer par faire son squelette, c'est-à-dire, de marquer seulement les degrés du thermometre & ceux de l'Hygrometre dans leurs colonnes respectives & de laisser en blanc toutes les cases qui doivent contenir l'expression des quantités d'eau, pour les remplir ensuite peu-à-peu à mesure que l'expérience les feroit connoître. Maniere de les construire.

Voici le plan de cette expérience. Prendre un grand ballon, y renfermer un Hygrometre & un thermometre, dessécher parfaitement l'air qu'il contient, y introduire ensuite une petite quantité d'eau, par exemple, un demi-grain pour chaque pied cube de sa contenance; exposer ensuite ce ballon au plus grand degré de froid jusques auquel on veuille étendre ces tables, par exemple au 15e. degré au dessous de la congélation. Alors quand l'Hygrometre se seroit fixé à un certain degré *a*, on chercheroit la case qui correspond à --- 15 du thermometre & à *a* de l'Hygrometre; on écriroit $\frac{1}{2}$ ou 0, 5 dans cette case, ce qui indiqueroit, que dans ces circonstances un pied cube d'air contient $\frac{1}{2}$ grain d'eau. Ensuite on diminueroit le froid & on feroit venir le ballon à un degré de chaleur égal

à — 14 ; ce qui feroit venir l'Hygrometre à un autre degré, tel que *b* ; alors dans la caſe correſpondante à — 14 du thermometre & à *b* de l'Hygrometre on écriroit encore $\frac{1}{2}$, puiſque cette diminution de froid n'auroit point changé la quantité de l'eau contenue dans le ballon. On conduiroit ainſi graduellement ce même ballon juſques au plus haut degré de chaleur que l'on voulût faire entre dans la table, par exemple, juſques au 35e. & on écriroit ſucceſſivement ce même nombre $\frac{1}{2}$ dans chacune des caſes correſpondantes aux degrés du thermometre & à ceux que ces différens degrés de chaleur feroient marquer à l'Hygrometre.

Cela fait, on introduiroit dans le ballon un ſecond demi-grain d'eau pour chaque pied cube de ſa contenance, & on refroidiroit de nouveau tout l'appareil juſques au 15e. degré au deſſous de la congélation, pour le réchauffer enſuite graduellement juſques au 35e. au deſſus, en plaçant une unité dans toutes les caſes correſpondantes aux degrés de chaleur & d'humidité qui ſe préſenteroient ſucceſſivement.

On procéderoit ainſi de demi-grain en demi-grain, juſques à ce que l'on eût introduit la quantité d'eau néceſſaire pour ſaturer l'air au 35e. degré de chaleur; & l'expreſſion de cette quantité ne ſe trouveroit que dans la derniere caſe de la table.

Ainsi à meſure qu'on avanceroit, les opérations deviendroient moins longues, parce que dès que l'air contiendroit une certaine quantité d'eau, un degré de refroidiſſement un peu conſidérable le feroit venir au terme de la ſaturation & l'on feroit ainſi diſpenſé de faire les obſervations pour les degrés de froid inférieurs à celui qui rameneroit ainſi l'air à la ſaturation.

Cette table pour être faite avec exactitude & dans un aussi grand détail, exigeroit un travail très-long & très-pénible ; & lors même qu'au lieu d'introduire l'eau par demi-grains on en feroit entrer à chaque fois un poids d'un grain par pied cube, & qu'au lieu d'observer de degré en degré du thermometre on n'observeroit que de 5 en 5 degrés, la peine seroit encore très-grande. Et que seroit-ce si on vouloit une table pareille pour chaque pouce où l'on peut voir le barometre depuis le bord de la mer jusques aux plus hautes sommités accessibles des montagnes ?

§. 175. Pour moi, comme je ne pouvois point consacrer à ces tables tout le tems qu'il eût fallu pour les construire avec cette régularité, j'ai profité des expériences & des tables contenues dans les Chapitres IVe. & Ve. de cet essai, & je les ai fait servir à la constuction de la table annexée à la fin de ce Chapitre. J'ai cru devoir la publier quelqu'imparfaite qu'elle fût, pour en donner au moins un modele & pour fixer sur cet objet les regards & l'attention des physiciens. Méthode plus courte mais moins exacte.

§. 176. Voici la route que j'ai suivie: j'ai commencé par construire avec le plus grand soin, d'après la IIe. expérience du Chapitre Ve. §. 117 — 124, une table, qui indique pour chaque degré de l'Hygrometre, la quantité d'eau contenue dans un pied cube d'air à 15 degrés 16 centiemes du thermometre. Je n'avois pour cela que six observations directes dans une échelle de 98 degrés, mais j'ai tâché d'interpoler dans leurs intervalles des nombres qui suivissent, autant qu'il étoit possible, la loi que ces mêmes observations paroissoient indiquer. J'ai joint ici cette table, qui sera peut-être utile à quelques physiciens occupés des mêmes recherches. Table auxiliaire.

Table du poids des vapeurs aqueuſes contenues dans un pied cube d'air à 15 degrés 16 centiemes du thermometre & à chaque degré de l'Hygrometre.

Deg. de l'Hy.	Poids des vap.	Deg. de l'Hy.	Poid des vap.	Deg. de l'Hy.	Poid des vap.	Deg. de l'Hy.	Poid des vap.
1	0, 0304	26	1, 5053	51	3, 5902	76	7, 3730
2	0, 0643	27	1, 5764	52	3, 6976	77	7, 5410
3	0, 1017	28	1, 6483	53	3, 8072	78	7, 7090
4	0, 1426	29	1, 7208	54	3, 9192	79	7, 8770
5	0, 1870	30	1, 7940	55	4, 0335	80	8, 0450
6	0, 2349	31	1, 8679	56	4, 1502	81	8, 2130
7	0, 2863	32	1, 9424	57	4, 2692	82	8, 3810
8	0, 3412	33	2, 0177	58	4, 3905	83	8, 5490
9	0, 3996	34	2, 0936	59	4, 5141	84	8, 7170
10	0, 4592	35	2, 1702	60	4, 6534	85	8, 8850
11	0, 5195	36	2, 2475	61	4, 8021	86	9, 0530
12	0, 5804	37	2, 3254	62	4, 9597	87	9, 2210
13	0, 6421	38	2, 4041	63	5, 1271	88	9, 3890
14	0, 7044	39	2, 4834	64	5, 3031	89	9, 5570
15	0, 7674	40	2, 5634	65	5, 4873	90	9, 7250
16	0, 8311	41	2, 6451	66	5, 6775	91	9, 8930
17	0, 8954	42	2, 7291	67	5, 8595	92	10, 0610
18	0, 9605	43	2, 8155	68	6, 0329	93	10, 2290
19	1, 0262	44	2, 9042	69	6, 1971	94	10, 3970
20	1, 0926	45	2, 9952	70	6, 3651	95	10, 5650
21	1, 1597	46	3, 0885	71	6, 5331	96	10, 7330
22	1, 2274	47	3, 1842	72	6, 7011	97	10, 9010
23	1, 2959	48	3, 2822	73	6, 8691	98	11, 0690
24	1, 3650	49	3, 3826	74	7, 0370		
25	1, 4348	50	3, 4852	75	7, 2050		

Principes du calcul de la table générale.

§. 177. Ensuite en combinant cette table avec la table de correction du §. 92, j'ai cherché le rapport qu'il y a entre la quantité d'eau que contient un pied cube d'air à 15 degrés de chaleur & celle qu'il contient à 20. J'ai dit, un pied cube d'air réchauffé à 15 degrés (car j'ai négligé les 16 centiemes, qui auroient trop compliqué ces calculs) lorsqu'il est saturé ou lorsque l'Hygrometre est à 98d. contient 11 grains 69 milliemes de vapeurs, 11, 069. Or d'après la table de correction du §. 92, lorsque l'Hygrometre est à 98 & que l'air se réchauffe de 5 degrés, sans qu'il se produise ni s'absorbe aucune vapeur nouvelle, l'Hygrometre vient à 84 degrés 43 centiemes; (*) donc de l'air réchauffé à 20d. contient 11 grains 69 milliemes de vapeurs lorsque l'Hygrometre est à 84, 43. Mais je vois d'après la table précédente, que quand l'air n'est réchauffé qu'à 15 degrés, & que l'Hygrometre est à 84, 43, il ne contient qu'un poids de vapeurs équivalent à 8, 78924 grains. Donc si l'Hygrometre se tient à 84, 43 dans deux volumes d'air égaux, mais dont l'un soit réchauffé à 15d. & l'autre à 20, le poids des vapeurs contenues dans l'air réchauffé à 15

(*) Voici les détails de ce calcul. L'Hygrometre est à 98; je veux savoir précisément à quel degré il viendroit, si sans subir d'autre changement, l'air se réchauffoit de 5 degrés. Je prends la table de correction §. 92: dans la IIIe. colonne de cette table, vis-à-vis de 98d. se trouve le nombre 1, 399; ce nombre signifie que quand l'Hygrometre est à 98, il faudroit que l'air se refroidit de 1, 399. pour conduire l'Hygrometre au terme de saturation: mais si l'air au lieu de se refroidir se réchauffe de 5 degrés, il faudra nécessairement 5 degrés de plus pour le ramener à ce même terme de saturation; d'où il suit que ces 5 degrés de chaleur doivent faire venir l'Hygrometre à un terme qui corresponde à 1, 399 + 5 ou à 6, 399. Je cherche donc le degré de l'Hygrometre qui répond à 6, 399; je vois que ce degré est entre le 84 & le 85e. & que la différence des nombres qui correspondent à ces deux degrés est, 0, 379, tandis que la différence entre 6, 561 & 6, 399 est 0, 162. Donc le degré correspondant à 6, 399 est $84 + \frac{162}{379}$ ou 84, 43.

ſera au poids des vapeurs contenues dans l'air réchauffé à 20, comme 8, 78924 : 11, 069, ou comme 1 : 1, 25938.

Maintenant s'il nous étoit permis de regarder comme certain le réſultat de la comparaiſon des expériences II & IV. du Chapitre V. §. 129 ; ou s'il étoit prouvé que les quantités de vapeurs contenues dans deux volumes d'air inégalement réchauffés, conſervent à peu près le même rapport lorſque l'Hygrometre ſe tient au même degré dans l'un & dans l'autre ; ce rapport de 1 à 1, 25938 que nous venons de trouver pour le 84e. degré pourroit être ſuppoſé le même dans toute l'étendue de l'échelle hygrométrique ; d'où il ſuit, qu'en multipliant par 1, 25938 les nombres qui dans la table précédente expriment pour chaque degré de l'Hygrometre le poids des vapeurs contenues dans l'air à 15d. de chaleur, nous obtiendrions des nombres qui exprimeroient les quantités d'eau contenues dans l'air aux mêmes degrés de l'Hygrometre, mais à une température de 20 degrés.

Un moyen fort ſimple de vérifier cette ſuppoſition, c'eſt d'eſſayer, ſi en partant de quelqu'autre degré on obtiendroit le même expoſant que nous venons d'obtenir en partant du 98e. Cette recherche donne des réſultats curieux & inattendus. Ces expoſans, ſans différer conſidérablement les uns des autres, ſuivent dans leurs différences des loix très-remarquables. Le degré le plus bas que l'on puiſſe calculer au moyen de la table de correction du §. 92, ſavoir le 28e. donne le plus petit expoſant qui eſt 1, 1185 : les nombres ſuivans donnent des expoſans qui croiſſent graduellement juſques au 70e. degré où eſt le maximum 1, 3213 : de là ils décroiſſent de nouveau juſques au 98e. qui donne, comme je l'ai déja dit, 1, 2594.

Si au lieu de chercher ces exposans pour une augmentation de 5 degrés dans la chaleur, on les cherche pour une augmentation de 10, on voit de même croître ces exposans, mais ici le maximum est environ au 80e. degré.

J'aurois poussé plus loin ces recherches, & j'aurois essayé d'approfondir les loix & les raisons de ces rapports qui recélent sûrement des vérités physiques très-intéressantes; mais les expériences du Chapitre V qui ont servi de fondement à la table auxiliaire sur laquelle reposent tous ces calculs, sont trop peu nombreuses pour que l'on ose construire un grand édifice de raisonnemens & de calculs sur une base aussi peu solide. Je me propose de reprendre ce travail dès que j'aurai rempli les engagemens que j'ai contractés relativement à mes voyages dans les Alpes, engagemens dont ces recherches n'ont déja que trop différé l'exécution.

Pour donner en attendant, non point un modele, mais simplement un exemple des tables qui font le sujet de ce Chapitre, je me suis servi de l'exposant 1, 2337 qui m'a paru à peu près moyen entre ceux que j'ai calculés.

Je considere donc ce nombre, comme l'expression du rapport qui régne entre les quantités d'eau contenues dans deux volumes d'air égaux, dans lesquels l'Hygrometre se tient au même degré, mais dont l'un est réchauffé à 15 degrés tandis que l'autre l'est à 20. Or comme l'effet de la chaleur sur l'Hygrometre est le même dans tous les degrés de température que l'on peut éprouver en plein air; puisque j'ai éprouvé cette identité par des expériences directes depuis le 7e. au dessous de la congélation, jusques au 20e. au dessus, cette même moyenne qui

exprime le rapport entre les quantités d'eau contenues au 15 & au 20e. degré, doit exprimer le rapport entre le 20 & le 25e. & entre le 25 & le 30e. Et par la même raison, ces quantités doivent décroître suivant le même rapport du 15e. au 10e. du 10e. au 5e. & ainsi de suite.

C'est d'après ces principes que j'ai calculé de 5 en 5 degrés, tant du thermometre que de l'Hygrometre, la table qui termine ce Chapitre. J'ai pris pour base les nombres que l'expérience IIe. du Chapitre précédent m'avoit donnés à la température de 15 degrés, §. 176, pour avoir les nombres correspondans aux mêmes degrés de l'Hygrometre, mais à 20 degrés de chaleur, j'ai multiplié ces nombres par 1, 2337. Après avoir ainsi obtenu les quantités de vapeurs contenues dans l'air à la température de 20 degrés, j'ai multiplié ces mêmes quantités par 1, 2337, ce qui m'a donné les nombres correspondans à une température de 25 degrés, & ceux ci multipliés par le même exposant ont produit ceux qui correspondent à 30.

De même pour avoir les quantités de vapeurs contenues dans l'air à des températures inférieures a 15 degrés, j'ai multiplié par 0, 8106 les nombres que l'expérience m'avoit donnés à 15 degrés, parce que ce nombre 0, 8106 est à 1, comme 1 est à 1, 2337; & j'ai ainsi obtenu les nombres correspondans à 10 degrés de chaleur; ceux-ci multipliés par le même exposant m'ont donné ceux qui correspondent à 5, & ainsi de suite jusques à 10 au dessous de 0. D'où il suit, que dans cette table les quantités de vapeurs qui correspondent à un même degré de l'Hygrometre, mais à des degrés de chaleur qui croissent

sent de 5 en 5 sont exprimés par les termes d'une progression géométrique croissante dont l'exposant est 1, 2337.

§. 178. On peut voir à présent, combien une table de ce genre, si elle étoit construite avec une extrême exactitude & de degré en degré tant du thermometre que de l'Hygrometre seroit utile & commode. Car non seulement elle indiqueroit les quantités absolues d'eau contenues dans l'air à tous les degrés de chaleur & d'humidité, mais elle donneroit encore la plus grande facilité pour comparer entr'elles les observations faites à différens degrés de température; on n'auroit besoin d'aucun calcul; la seule inspection de la table feroit connoître dans quel cas l'air contenoit la plus grande quantité d'eau. Ainsi je suppose que dans une matinée d'été, le thermometre eût été au lever du soleil à 15 degrés & l'Hygrometre à 98; & qu'à deux heures de l'après-midi le thermometre montât à 30 & l'Hygrometre à 70; la seule inspection de la table m'apprendroit que l'air tenoit à deux heures plus de vapeurs en dissolution qu'au lever du soleil; puisque dans la table, le nombre correspondant à 30 degrés du thermometre & à 70 de l'Hygrometre est 11,9158; tandis que celui qui correspond à 15 du thermometre & 98 de l'Hygrometre n'est que 11,0690. Usages de cette table.

§. 179. Malheureusement la petite table que je donne ici par forme d'exemple, & qui est fondée sur les résultats de la IIe. Expérience du Chap. V. n'est pas bien d'accord avec les résultats des autres expériences rapportées dans le même chapitre : la table indique pour les degrés de chaleur qui sont au-dessous du 15e. des quantités de vapeurs plus grandes que l'expérience ne les donne. Défaut de celle qui est annexée à ce Chap.

Il faudra donc perfectionner & compléter cette table en ſuivant la route longue, mais ſûre que j'ai tracée au commencement de ce Chapitre ; ou ſi l'on préfere la route abrégée que je viens de ſuivre, il faudra du moins répéter avec beaucoup de ſoin les expériences du Chapitre V. & à des degrés de chaleur fort différens les uns des autres, & calculer enſuite la table, non point comme je l'ai fait par un expoſant moyen, mais par chacun de ceux que le calcul fondé ſur l'expérience indiquera pour chaque degré de l'Hygrometre. Si l'on veut en attendant ſe ſervir de la petite table que j'ai conſtruite, il faudra ſe rappeller que les nombres qu'elle contient ſont un peu trop grands pour les degrés de température au-deſſous de 15, & pour les degrés de l'humidité au-deſſus de 70.

Il faudroit d'autres tables pour d'autres degrés de denſité de l'air.

§. 180. Mais ce n'eſt pas tout : nous avons vu dans le Chap. VI. que les quantités de vapeurs indiquées par les témoignages réunis de l'Hygrometre & du thermometre varioient dans les différens degrés de denſité de l'air. Donc lors même que la table que nous venons de conſtruire & d'examiner auroit toute la perfection dont elle eſt ſuſceptible, elle ne feroit juſte que pour le degré de denſité de l'air dans lequel ont été faites les expériences qui lui ont ſervi de baſe, & il faudroit tout autant de tables pareilles pour les degrés de denſité ſenſiblement différens.

On pourra ſe diſpenſer du travail immenſe qu'exigeroit la conſtruction de toutes ces tables par des expériences directes, ſi l'on dreſſe une table des diminutions que ſouffre la force diſſolvante de l'air à meſure qu'il ſe raréfie. J'en ai donné l'idée

dans le §. 148, & j'ai suivi la route tracée dans ce même paragraphe pour dresser la petite table suivante.

Cette table contient les exposans des diminutions de la force dissolvante de l'air de trois en trois pouces (ou plus exactement de 3 $\frac{1}{8}$ en 3 $\frac{1}{8}$) depuis 27 pouces, jusques à 2 lignes $\frac{1}{2}$, c'est-à-dire, que si la quantité de vapeurs contenues dans l'air à un degré quelconque du thermometre & du barometre est représentée par l'unité lorsque le barometre est à 27 pouces, il faudra diminuer cette quantité dans le rapport de 0,9528 à 1 lorsque le barometre sera à 23 pouces $\frac{7}{8}$ ou ce qui est la même chose, il faudra multiplier par 0,9528 le nombre quelconque qui exprimera cette quantité. De même quand le barometre sera à 20 pouces 9 lignes, la quantité de vapeurs que l'air tiendra en dissolution ne sera plus, toutes choses d'ailleurs égales, que les 0,8899 de ce qu'elle étoit quand le barometre se soutenoit à 27 pouces, & ainsi des autres.

Hauteurs du Barometre. Pouces, lignes.		*Exposans des Diminutions.*
27.	. . .	1, 0000
23,,	7 $\frac{1}{2}$	0, 9528
20,,	3	0, 8899
16,,	10 $\frac{1}{2}$	0, 8264
13,,	6	0, 7629
10,,	1 $\frac{1}{2}$	0, 6887
6,,	9	0, 6230
3,,	4 $\frac{1}{2}$	0, 4311
0,,	2 $\frac{1}{2}$	0, 0485

Pour rendre plus utile une table de ce genre, il faudroit répéter de pouce en pouce les expériences du Chap. VI.

qui ont servi de base à celle-ci ; & donner de pouce en pouce ces mêmes diminutions.

Cette table, jointe à celle qui suit, lorsqu'elles seroient l'une & l'autre complétées & perfectionnées, donneroit, comme je l'ai déja dit, & les quantités absolues des vapeurs & la facilité de réduire à une commune mesure les observations qui auroient été faites dans des airs d'une température & d'une densité différentes, & l'hygrométrie seroit alors portée au plus haut point de perfection qu'elle puisse atteindre.

TABLE du poids des vapeurs aqueuſes contenues dans un pied cube d'air à différens degrés de l'Hygrometre & du thermometre. § 173 & *ſuivans.*

Deg. de l'hyg. / Deg. du therm.	— 10	— 5	0	+ 5	+ 10	+ 15	+ 20	+ 25	+ 30
40	0,8971	1,1067	1,3653	1,6843	2,0779	2,5634	3,1625	3,9016	4,8134
45	1,0676	1,3171	1,6248	2,0045	2,4729	2,9952	3,6952	4,5588	5,6242
50	1,2197	1,5047	1,8563	2,2900	2,8251	3,4852	4,2997	5,3045	6,5442
55	1,4116	1,7414	2,1483	2,6503	3,2696	4,0335	4,9761	6,1390	7,5737
60	1,6411	2,0246	2,4976	3,0590	3,7737	4,6554	5,7434	7,0856	8,7415
65	1,9204	2,3691	2,9226	3,6055	4,4480	5,4873	6,7697	8,3518	10,3036
70	2,2277	2,7482	3,3903	4,1824	5,1596	6,3651	7,8526	9,6878	11,9518
75	2,5215	3,1107	3,8375	4,7342	5,8404	7,2050	8,8888	10,9661	13,5289
80	2,8155	3,4734	4,2850	5,2862	6,5213	8,0450	9,9251	12,2446	15,1062
85	3,1095	3,8361	4,7324	5,8381	7,2022	8,8850	10,9614	13,5231	16,6834
90	3,4035	4,1987	5,1797	6,3900	7,8831	9,7250	11,9977	14,8016	18,2607
95	3,6946	4,5578	5,6227	6,9420	8,5640	10,5650	13,0340	16,0800	19,8379
98	3,8739	4,7790	5,8956	7,2731	8,9725	11,0690	13,6558	16,8472	20,7844

TROISIEME ESSAI.

THÉORIE DE L'ÉVAPORATION.

INTRODUCTION.

§. 181. ON donne en général le nom de *vapeurs* ou d'*exhalaiſons* à ces émanations des corps, qui, par leur extrême ſubtilité ou par quelqu'autre raiſon, s'élevent ou ſe ſoutiennent dans l'air : elles demeurent ainſi unies avec lui, juſqu'à ce que des cauſes contraires les obligent à ſe réunir entr'elles & à ſe ſéparer de l'air ſous des formes plus denſes & plus groſſieres. Définition des vapeurs.

Le nom *d'exhalaiſon* déſigne plutôt les émanations des corps ſolides, & celui de *vapeur* celles des fluides. Ces deux termes ſont cependant quelquefois pris indifféremment l'un pour l'autre, & celui de vapeur, dans une acception générale, comprend auſſi les exhalaiſons.

Nous ne connoiſſons aucun corps que la nature ou l'art ne puiſſe réduire en vapeurs, & on diſtingue ces différentes vapeurs par les noms des corps dont elles émanent, ou plutôt de ceux qui doivent réſulter de leur condenſation. C'eſt ainſi que l'on dit des *vapeurs acides*, *alkalines*, *ſpiritueuſes*, &c. Je

ne m'occuperai dans cet Eſſai que des vapeurs aqueuſes; mais les principes que j'établirai pourront aiſément s'appliquer à tous les autres genres.

Différens ſyſtêmes ſur leur formation.

§. 182. L'ÉVAPORATION ou la réduction d'un corps en vapeurs eſt depuis long-tems l'objet de l'étude des Phyſiciens, & ils ont imaginé différens ſyſtêmes pour en rendre raiſon. Mais, comme aucun de ces ſyſtêmes n'explique tous les phénomenes, le problême ne paroît pas encore complétement réſolu.

CE n'eſt pas que toutes les cauſes de l'évaporation ne ſoient bien connues, mais c'eſt que l'on n'a pas encore ſu diſtinguer les différens phénomenes, pour appliquer à chacun d'eux la cauſe qui lui appartient. Chaque Phyſicien trop attaché à ſon hypotheſe n'a vu dans la nature que ce qui étoit relatif à cette hypotheſe, & a voulu contraindre tous les faits à venir ſe ranger ſous ſes étendards. Ariſtote n'a vu dans la formation des vapeurs que l'action du feu (*a*); Deſcartes, l'agitation des particules de l'eau (*b*); Halley, des véſicules (*c*); Déſaguiliers, l'électricité (*d*); Le Roy, des diſſolutions chymiques (*e*).

JE ne m'arrêterai point à donner l'hiſtoire & la critique de ces différentes hypotheſes, mais je ferai voir que la Nature nous préſente les vapeurs aqueuſes ſous des formes très-différentes, & je tâcherai d'établir les caracteres de ces différentes eſpeces & d'expliquer leur origine.

(*a*) Ariſtotelis meteorologicorum L. I. C. IX.
(*b*) Les météores II. Diſcours.
(*c*) Philoſophical Tranſactions. Nro. 192.
(*d*) Experimental Philoſophy. T. II. Lect. X.
(*e*) Acad. des Sciences. 1751. p. 481.

CHAPITRE

CHAPITRE I.

DES VAPEURS ELASTIQUES ET DE LEUR DISSOLUTION DANS L'AIR.

§. 183. TOUT le monde connoît les phénomenes de l'éolipyle; on sait que l'eau renfermée dans un vase à col étroit & réchauffée jusques à une forte ébullition, se change en un fluide semblable à l'air, qui sort avec beaucoup de force par l'orifice ou par le bec de ce vase.

Vapeur élastique produite par l'Eolipyle.

SI ce fluide en sortant de l'éolipyle se mêle avec l'air froid de l'atmosphere, il se condense, soit en gouttes d'eau qui tombent par leur pesanteur, soit en une matiere nébuleuse qui environne l'extrémité du jet & qui disparoît en se mêlant avec l'air.

MAIS, si ce même fluide est reçu dans un vase, dont la chaleur égale ou surpasse la chaleur de l'eau bouillante, il y demeure transparent, élastique & doué de toutes les propiétés méchaniques (*a*) de l'air.

§. 184. LES détails de cette opération de la Nature, par laquelle un corps aussi dense que l'eau & aussi peu compres-

Origine de cette Vapeur.

[*a*] IL est souvent commode de distinguer les propriétés d'un corps en *méchaniques* & *chymiques* : celles-là qui sont du ressort des Mathématiques & de la Méchanique proprement dite, comme l'élasticité, la densité, la dureté, semblent dépendre principalement de la texture ou de l'arrangement des parties du corps ; au lieu que les propriétés chymiques dépendent de la nature propre de ces mêmes parties, de celle des élémens qui les composent, de leurs affinités, &c.

ſible eſt changé en un fluide ſi léger & doué d'une ſi grande élaſticité, ſont abſolument inconnus aux Phyſiciens; ils ſavent ſeulement que le feu eſt l'agent immédiat & même un des ingrédients de cette métamorphoſe; & ils regardent la vapeur élaſtique de l'eau comme un mixte particulier, produit par la combinaiſon d'une certaine quantité de feu élémentaire & de particules d'eau.

Les belles expériences de M. Lavoiſier (*Acad. des Sciences.* 1777. *p.* 420 *& ſuiv.*) ſemblent même prouver, que cette théorie eſt beaucoup plus générale qu'on ne l'avoit cru avant lui; & que tous les fluides aëriformes ne doivent leur force expanſive qu'à une certaine quantité de feu élémentaire combiné avec leurs autres élémens. Il a prouvé du moins, que la formation de ces fluides, de même que celle des vapeurs, conſomme toujours une quantité conſidérable de feu *principe*, & que ce même feu reparoît & ſe manifeſte par des effets très-marqués lorſque ces fluides perdent leur élaſticité.

Mais la vapeur élaſtique differe eſſentiellement de tous les autres fluides aëriformes connus, en ce que le ſeul refroidiſſement ſuffit pour en ſéparer le feu, & pour faire reparoître, ſous une forme denſe & non élaſtique, le corps, l'eau, par exemple, qui s'étoit métamorphoſée en vapeur. Il ſuit de-là que le feu contracte une union plus intime avec les corps qu'il change en fluides aëriformes qu'avec ceux qu'il convertit en vapeurs. Peut-être même l'intimité de cette union eſt-elle l'unique différence générale qu'il y ait entre ces fluides & les vapeurs élaſtiques.

§. 185.

§. 185. Il y a encore ceci de remarquable dans la formation de la vapeur élastique, c'est que sa production exige le concours d'un certain degré de liberté avec un certain degré de chaleur; & que l'une de ces conditions doit exister dans un degré d'autant plus éminent, que l'autre se trouve être plus en défaut; c'est-à-dire, que moins une certaine masse d'eau est libre, & plus il faut de chaleur pour la convertir en vapeurs élastiques; & réciproquement moins il y a de chaleur & plus la liberté est nécessaire. Ainsi nous voyons que l'ébullition, celle que les Physiciens nomment la vraie ébullition qui est produite par la conversion de l'eau en vapeur élastique, exige un degré de chaleur d'autant plus grand que cette eau est comprimée par une colonne d'air plus pesante; & d'un autre côté, on voit cette même eau se réduire en vapeurs élastiques & bouillir par la seule chaleur de la main, lorsque n'étant comprimée ni par l'air ni par une colonne d'eau considérable, elle a, pour se former, la plus grande liberté possible.

Degré de liberté nécessaire pour sa production.

§ 186. Ces phénomenes s'observent de la maniere la plus commode & la plus élégante dans ces tubes qui portent à leurs deux extrêmités de petites ampoules de verre vuidées d'air, & à moitié pleines d'eau ou d'esprit de vin. Voyez la figure premiere de la Planche IIe.

Phénomenes des tubes où la chaleur de la main fait bouillir de l'eau.

Le célebre Francklin est le premier qui ait donné la description de cet instrument dans la LXe. de ses Lettres philosophiques.

Si l'on saisit des deux mains les deux ampoules à la fois, on ne verra aucun mouvement, ni aucune ébullition dans l'une

ni dans l'autre: mais si l'on n'en tient qu'une seule qui soit ainsi réchauffée par la main tandis que l'autre demeure froide, on verra sur le champ l'eau s'enfuir de celle qui se réchauffe & jaillir dans celle dont la température demeure la même. Lorsqu'enfin toute l'eau aura été chassée dans celle-ci, cette eau commencera à bouillir avec force & persistera dans cette ébullition pendant long-tems, pourvu que l'on continue de tenir dans sa main l'ampoule qui est vuide.

Ces phénomenes s'expliquent très-facilement en supposant que la chaleur de la main convertit en vapeur élastique la lame d'eau qui mouille l'intérieur de l'ampoule que l'on tient empoignée. Si les deux bouteilles sont également réchauffées, la pression étant égale de part & d'autre, la vapeur élastique ne peut point se former, ou ne peut du moins pas agir & se développer.

Mais si l'une des bouteilles est chaude & l'autre froide, la vapeur se forme en plus grande abondance dans celle qui est chaude, pousse l'eau qui est au dessous d'elle & la chasse dans l'autre ampoule; cependant la vapeur continue de se former, elle passe au travers de l'eau, la fait bouillonner, & va se condenser contre les parois de la bouteille froide. Cette ébullition est donc produite par la chaleur de la main, qui change en vapeur élastique la couche d'eau qui mouille l'intérieur de l'ampoule. Il est aisé de le démontrer. Que l'on tienne constamment cette boule serrée dans la main & dans une situation telle, qu'il ne puisse point y rentrer de nouvelle eau, ses parois intérieures se dessécheront, & alors l'ébullition cessera entiérement: mais on fera sur-le-champ recommencer l'ébullition; si l'on fait rentrer une goutte d'eau dans la boule.

Froid produit par l'évaporation.

§. 187. Un autre phénomene bien remarquable que présente ce petit instrument, c'est que tant que l'ampoule contient de l'humidité qui se convertit en vapeurs, elle demeure très-fraiche malgré la continuelle application de la main qui la tient étroitement serrée ; parce que tout le feu qui sort de la main se combine avec l'eau pour la changer en vapeur élastique : mais au moment où l'évaporation & l'ébullition cessent, on sent la boule se réchauffer d'une maniere tout-à-fait sensible.

On peut encore d'une autre maniere démontrer avec cet instrument le froid produit par l'évaporation. Qu'on le saisisse par le milieu du tube, en le tenant dans une situation horizontale, de maniere que les deux boules conservent la même température & contiennent à-peu-près la même quantité de liqueur ; qu'alors on mouille à deux ou trois reprises l'une des deux boules avec un pinceau trempé dans de l'eau, ou, ce qui seroit mieux encore, dans de l'esprit de vin, on verra bientôt toute la liqueur passer dans la boule mouillée & y bouillir ensuite avec force. La raison de ce phénomene est très-simple; l'eau dont on a mouillé la surface extérieure de cette boule s'évapore ; cette évaporation refroidit cette même boule en entraînant une partie du feu qu'elle renferme ; par ce refroidissement la vapeur invisible qu'elle contient se condense, & devient incapable de faire équilibre à celle de l'autre boule qui a conservé toute son élasticité ; celle-ci donc chasse l'eau devant elle & passe enfin au travers de l'eau même en la faisant bouillonner.

Je ne m'étendrai pas davantage sur le froid produit par l'évaporation. Ce phénomene intéressant que Mr. Cullen a ob-

fervé le premier (*a*) (*Effais de la foc. d'Edimbourg*. T. II, Art. VII.) & que Mr. Baumé a confirmé par les plus belles expériences, (*Savans Etrangers* T. V. p. 405 & 425.) eft à préfent connu de tous les Phyficiens.

§. 188. On peut donc regarder comme un principe démontré par l'expérience, que la vapeur élaftique eft un mixte qui réfulte de l'union des élémens du feu avec ceux du corps qui s'évapore.

Vapeur élaftique pure.

Si l'action du feu eft affez forte, pour furmonter la réfiftance que peuvent oppofer à la formation de cette vapeur, ou l'air extérieur, ou toute autre force comprimante, l'eau fe change en une vapeur élaftique pure, qui expulfe l'air des vafes dans lefquels elle fe forme, & ne fe mêle que peu ou point avec lui. Si l'action du feu fur cette vapeur continue & s'augmente, elle fe dilate toujours davantage & devient capable de produire les explofions les plus terribles.

Vapeur élaftique mêlée d'air.

§. 189. Si au contraire la chaleur n'eft pas affez grande pour vaincre la compreffion de l'air & pour donner à la vapeur la force de l'expulfer; le feu change bien également une petite partie de l'eau en vapeur élaftique, mais cette vapeur eft moins abondante, moins dilatée, & comme elle ne peut pas

(*a*) Je dis que Mr. Cullen eft le premier qui ait diftinctement reconnu la force réfrigérante de l'évaporation. Car Richman qui avoit obfervé le refroidiffement qu'éprouve la boule du thermometre lorfqu'on la retire de l'eau, n'avoit point attribué ce phénomene à l'évaporation; mais il avoit fuppofé, que des particules frigorifiques voltigeantes dans l'air étoient attirées par la lame d'eau dont le thermometre demeure enveloppé. *Novi Comment. Petrop.* T. I. p. 290. Et De Mairan qui s'eft auffi occupé de ce même refroidiffement ne l'a point non plus attribué à l'évaporation; mais à l'agitation que le mouvement de l'air excite dans la pellicule d'eau qui demeure attachée au thermometre. *Differt. fur la glace.* P. II. Sect. II. Ch. VIII & IX.

déloger entiérement l'air qui la comprime, elle s'efforce de s'insinuer entre les parties de cet air & de se mêler peu-à-peu avec lui.

§. 190. Cette vérité est démontrée par les expériences décrites dans le précédent Essai. Le manometre renfermé avec de l'eau & de l'air fait voir que l'eau en s'évaporant augmente le volume de l'air & que cette augmentation vient de la production d'un fluide élastique plus rare que l'air même & qui n'est autre chose que l'eau réduite en vapeurs. Il suit de-là, que le fluide aëriforme qui sort avec impétuosité par le bec d'une Éolipyle remplie d'eau bouillante & la vapeur invisible qui s'éleve de l'eau par la simple chaleur de l'athmosphere sont des fluides élastiques de la même nature. La seule différence qu'il y ait entr'eux, c'est que celui qui sort de l'éolipyle est très-rare & à-peu-près pur, au lieu que celui qui est produit par une évaporation insensible, est plus dense & mélangé d'une plus grande quantité d'air.

L'eau ne s'évapore qu'en se changeant en vapeur élastique.

§. 191. Mais cette vapeur élastique produite par une chaleur douce, & qui s'insinue dans l'air, comment se mêle-t-elle avec lui, est-ce d'une maniere grossiere & purement méchanique, ou par une vraie dissolution chymique?

Cette vapeur élastique se dissout chymiquement dans l'air.

La parfaite transparence d'un air saturé de vapeurs, tel qu'on le voit après une pluie, la disparition des vapeurs par la chaleur, leur apparition subite par le froid, leur union intime avec l'air malgré la différence de leur densité, sont des indices certains d'une combinaison intime des élémens de la vapeur avec les élémens de l'air, ou d'une vraie dissolution chymique. Et Mr. Le Roy de Montpellier est, je crois, le pre-

mier qui ait prouvé cette vérité intéressante. *Voyez les Mém. de l'Acad. des Sciences de Paris pour l'année* 1751.

Mais je ne pense pas comme Mr. le Roy, que l'air dissolve l'eau immédiatement; je crois qu'il ne la dissout que lorsque l'action du feu l'a convertie en vapeur élastique.

Cette dissolution doit être favorisée par l'agitation de l'air.

§. 192. Cette dissolution ne peut même pas s'exécuter complétement sans le secours de quelque mouvement ou de quelqu'agitation qui favorise le mélange de l'air & de la vapeur. Et c'est par cette considération jointe aux principes établis dans les paragraphes précédens, que je crois pouvoir rendre raison des singulieres expériences de Mr. l'Abbé Fontana.

Belle expérience de M. l'Abbé Fontana.

Cet ingénieux Physicien a fait voir (*Journal de Physique* 1779, *Tom. I. pag.* 22.) par des expériences nombreuses & poussées aussi loin qu'il étoit possible, que dans les circonstances les plus favorables à la distillation, c'est-à-dire, lorsque la cornue est le plus fortement réchauffée & le récipient le plus fortement refroidi, il ne se fait cependant aucune distillation, il ne passe pas une goutte de liqueur, si la cornue n'est jointe au récipient que par un col long, étroit & scellé hermétiquement.

Explication de cette expérience.

§. 193. Il me paroît évident, que l'air renfermé dans cet appareil, presse la couche supérieure du liquide contenu dans la cornue & qu'il la presse d'autant plus fortement que la chaleur augmente son élasticité. Cette compression s'oppose donc à la formation ou au développement de la vapeur élastique; au lieu que si l'appareil n'eût pas été scellé hermétiquement

ment, la vapeur auroit pu se former en expulsant au-dehors une partie de l'air, cette même vapeur, se seroit dilatée & auroit passé dans le récipient dont le froid l'auroit successivement condensée.

§. 194. Je puis prouver par une expérience directe que c'est bien l'air qui par sa compression s'oppose à l'élévation des vapeurs & ainsi à la distillation; car je puis faire voir une vraie distillation qui s'opere dans des vaisseaux scellés hermétiquement, comme ceux de M. Fontana, & qui ne different des siens qu'en ce qu'ils sont purgés d'air.

Exp. nouvelle qui confirme cette explication.

J'emploie à cette expérience les tubes que j'ai décrits. §. 186. Si l'on fait passer toute la liqueur dans l'une des deux boules, par exemple, dans la boule A. Pl. II. f. 1. & que l'on tienne la main appliquée sur celle qui reste vuide, jusques à ce qu'elle soit tout-à-fait séche; qu'alors on renverse l'instrument de maniere que les deux boules A & B soient situées plus bas que le tube C D, la liqueur occupant la partie la plus basse de la boule A se trouvera toute renfermée dans l'hémisphere A G F. Qu'on abandonne alors la boule B, & qu'en tenant toujours la machine renversée, on serre dans sa main la boule A dans laquelle est la liqueur, la boule B perdra la chaleur que la main lui avoit communiquée; la boule A, au contraire se réchauffera, & la liqueur qu'elle contient se résoudra peu-à-peu en une vapeur élastique, qui passant sans obstacle par le tuyau C D dans la boule B, se condensera successivement contre les parois de cette boule refroidie. Or cet appareil est exactement celui de l'Abbé Fontana; A est la cornue, B le récipient, & le tube C D représente les deux cols soudés hermétiquement l'un à l'autre.

Cette opération eſt même ſi bien une diſtillation, que ſi les boules ſont remplies d'eſprit de vin coloré avec de l'orſeille, & que l'on faſſe l'épreuve avec les attentions qu'elle exige, l'eſprit de vin qui ſe condenſe dans la boule B s'y trouve totalement décoloré, parce que la couleur qui n'eſt pas volatile, ne ſe réduit point en vapeurs. Ainſi lorſque la diſtillation eſt à moitié faite, la liqueur paroît parfaitement claire & ſans couleur dans l'une des boules, & d'un rouge foncé dans l'autre. (*b*)

La diſtillation ſe fait donc ici, parce que dans ce vaſe vuide la vapeur élaſtique ſe forme avec une parfaite liberté, & paſſe avec la même liberté, de la cornue dans le récipient.

Au contraire, lorſque l'air eſt renfermé & que ſon reſſort eſt augmenté par la chaleur, comme dans l'appareil de Mr. l'Abbé Fontana, cet air réprime la vapeur & l'empêche de s'élever & de paſſer immédiatement dans le récipient. Or d'après nos obſervations ſur la viſcoſité de l'air, cette vapeur ne peut pas non plus paſſer par ſon intermede. Car l'air renfermé dans le paſſage étroit du tube qui joint la cornue au récipient, ou des cols mêmes de ces deux vaſes ne peut pas y circuler & s'y mouvoir avec la liberté qui lui feroit néceſſaire, pour ſe mêler avec les vapeurs, pour les diſſoudre & pour les tranſporter de l'un des vaſes dans l'autre. Puis donc que dans cet

(*b*) Comme il feroit trop ennuyeux de tenir la boule A dans la main, pendant tout le tems néceſſaire à l'expérience, on peut la placer ou dans l'eau tiede ou au ſoleil, tandis que la boule B ſera au frais; & ſi l'on veut que la liqueur diſtillée ſe trouve parfaitement décolorée, il faut laver à deux ou trois repriſes la boule qui ſert de récipient, avec les premieres gouttes d'eſprit de vin qui diſtillent.

appareil les vapeurs ne peuvent passer ni immédiatement, ni par l'intermede de l'air, il faut bien qu'elles ne passent point du-tout, & qu'ainsi il n'y ait aucune distillation. On peut prouver d'ailleurs que ce n'est pas la cloture de l'eau dans le vase, mais la gêne ou la stagnation forcée de l'air dans le col de la cornue qui s'oppose à la formation & à la transmission des vapeurs, En effet tous les Physiciens savent, & Mr. FONTANA a lui-même confirmé par de nouvelles expériences, que les vapeurs se forment & circulent dans l'intérieur des vases, même les plus exactement lutés, lorsque l'air renfermé dans ces vases peut s'y mouvoir avec assez de liberté pour se mêler intimement avec elles. (*c*)

§. 195. IL est aisé de concevoir d'après ces principes, pourquoi les vents favorisent si fort le desséchement, car il est clair que si l'air demeuroit dans un état de stagnation parfaite autour d'un corps imprégné d'eau, dès que les couches d'air contigues à ce corps se seroient saturées de son humidité, elles cesseroient de dessécher le corps, à moins que sa chaleur ne fût assez grande pour faire bouillir l'eau qu'il contient. Mais si l'air se renouvelle continuellement autour du corps humide,

Pourquoi les vents augmentent l'évaporation.

(*c*) LA nécessité de ce mouvement de l'air pour la dissolution des vapeurs, ne doit point empêcher de la regarder comme une vraie dissolution chymique; elle prouve seulement un certain degré de viscosité dans l'air ou dans la vapeur; ou que l'affinité qui est entre les parties de l'air & celles de la vapeur, ne surpasse pas de beaucoup l'affinité d'adhérence qui unit les parties de l'air avec les parties de l'air & les parties de la vapeur avec celle de sla vapeur. Combien ne voyons-nous pas de dissolutions chymiques proprement dites, qui ne peuvent s'opérer qu'avec des secours que l'on peut appeller méchaniques, tels que l'agitation, la division, la trituration, l'évaporation; moyens qui tendent tous à diminuer l'adhérence mutuelle des parties des corps que l'on veut dissoudre.

de nouvelles couches d'air viennent ſucceſſivement pomper & entraîner avec elles l'eau dont il eſt imprégné.

Divers égards auxquels la chaleur favoriſe l'évaporation.

§. 196. La chaleur favoriſe donc à bien des égards la formation des vapeurs; car premierement c'eſt le principe de la chaleur ou le feu élémentaire, qui par ſa combinaiſon avec l'eau produit la vapeur élaſtique §. 184; enſuite ce même feu en augmentant la chaleur de l'air augmente ſa force diſſolvante, comme il augmente celle de preſque tous les menſtrues; (*d*) & enfin la chaleur produit dans l'air une agitation qui favoriſe le mélange néceſſaire à la diſſolution des vapeurs.

Nuances entre la vapeur mêlée d'air & la vapeur élaſtique pure.

§. 197. Si donc la chaleur de l'air & celle de l'eau ou des corps ſuperſaturés d'humidité qui ſont en contact avec lui augmente continuellement, cet air ſe chargera d'une quantité de vapeurs toujours plus grande; & comme ces vapeurs ſont un fluide élaſtique, le volume réſultant du mélange de l'air & des vapeurs croîtra dans la même proportion; il ſuit de là, que ſi ce fluide mêlé d'air & de vapeurs a la liberté de s'étendre, une meſure donnée, un pied cube, par exemple, de ce mélange contiendra d'autant plus de vapeurs & d'autant moins d'air, qu'il aura été expoſé à une plus grande chaleur, & que s'il parvient enfin à la chaleur de l'eau bouillante, il ſera preſqu'entiérement compoſé de vapeurs, & formera ce que j'ai appellé *Vapeur élaſtique pure.*

(*d*) Je dirois *de tous les menſtrues*, ſi Mr. Butini n'avoit pas trouvé une exception à cette regle générale, en démontrant par des expériences nouvelles & très-exactes, que la magnéſie ſe diſſout en plus grande quantité dans l'eau froide que dans l'eau chaude. *Nouvelles obſervations & recherches analytiques ſur la magnéſie du ſel d'Epſom, par P. Butini.* Geneve 1781.

Il n'y a donc pas de limites tranchées & précises entre la vapeur élastique pure, qui sort du bec de l'éolipyle, & celle qui s'élevant par une chaleur moins forte, se mêle paisiblement avec l'air & est dissoute par lui; il y a au contraire une infinité de nuances entre ces deux genres, ensorte que malgré la grande différence qui se trouve entre les extrêmes, on peut dire que ces deux genres de vapeurs sont un seul & même fluide élastique produit par la combinaison du feu élémentaire & de l'eau.

CHAPITRE II.

DES VAPEURS VÉSICULAIRES ET DES VAPEURS CONCRETES.

Condensation de la vapeur élastique contre des corps solides.

§. 198. EXAMINONS à présent les phénomenes qui se présentent, lorsqu'un air déja saturé de vapeurs, en reçoit encore de nouvelles ou lorsque cet air saturé vient à perdre par le refroidissement ou par toute autre cause une partie de la force par laquelle il tenoit ces vapeurs en dissolution.

SI cet air, qni ne peut pas dissoudre toutes les vapeurs qu'il renferme est contigu à un corps dont la chaleur soit ou plus petite, ou égale, ou peu supérieure à la sienne, ces vapeurs se condensent à la surface de ce corps. Elles prennent la forme de gouttes ou de rosée, lorsque la chaleur est assez grande pour tenir l'eau dans un état de fluidité; mais lorsque la chaleur descend au dessous du terme de la congélation, les vapeurs en se déposant se crystallisent en aiguilles ou en écailles d'une forme réguliere. Elles ne se déposent pas en égale quantité sur tous les corps; cette quantité paroît dépendre, soit de l'affinité de la surface de ces corps avec l'eau, soit de leur état relativement à l'électricité. (*a*)

(*a*) JE dis que l'état des corps relativement à l'électricité influe sur leur affinité avec la rosée; parce que j'ai éprouvé qu'un carreau de verre qui se charge de rosée lorsqu'il est nud, n'en prend point du tout si l'une de ses surfaces est armée d'une feuille métallique. Or il est évident que cette feuille de métal ne peut agir ainsi au travers de l'épaisseur du verre, que par son influence sur son électricité. Ce fait déja observé par Mr. DU FAY, mais pourtant peu connu pourroit être le sujet de recherches bien intéressantes.

§. 199. S'IL n'y a aucun corps contigu à l'air superfaturé de vapeurs, & auquel elles puiffent s'attacher, alors les élémens de l'eau fe réuniffent les uns aux autres & forment, ou des goutteletes fphériques & pleines, ou de petites aiguilles congelées, ou enfin des fpheres creufes.

Condenfation de la vapeur élaftique au milieu de l'air.

§. 200. CES petites gouttes folides dont la réunion forme la pluie, & ces aiguilles glacées qui font les premiers rudimens de la neige, pourroient bien n'être pas confidérées comme des vapeurs; cependant, comme leur ténuité eft fouvent telle qu'elles demeurent pendant long-tems fufpendues dans l'air & qu'elles produifent alors différens météores, je crois devoir les laiffer dans la claffe des vapeurs, & je leur donne le nom de *vapeur concrete.* Je dirai un mot dans le §.207, de ces météores & je ne m'arrête pas ici à prouver l'exiftence de ce genre de vapeurs, qui n'eft certainement révoqué en doute par aucun Phyficien.

Vapeur concrete.

§. 201. QUANT aux Spheres creufes qne je nomme *vapeur véficulaire*, il paroît qu'à leur égard la conjecture a dévancé l'obfervation, & que l'on a fuppofé leur exiftence pour expliquer la formation des vapeurs, avant de favoir qu'on pouvoit les faire tomber réellement fous les fens. Car DESAGUILIERS dans fon Cours de Phyfique Expérimentale T. II. Leçon X. combat par des raifonnemens abftraits les Phyficiens de fon tems qui admettoient ces véficules & s'efforce de réfuter cette opinion comme une hypothefe purement gratuite, ou qui du moins ne repofe point fur une obfervation immédiate. On peut cependant rendre ces véficules vifibles aux yeux même les moins exercés.

Vapeurs véficulaires.

VOICI la maniere la plus fimple & à mon gré la plus inf-

tructive de les obſerver. Expoſés aux rayons du ſoleil ou du moins à un très-grand jour, & dans un lieu dont l'air ne ſoit point agité, une taſſe remplie d'un liquide aqueux très-chaud, & d'une couleur noire ou très-obſcure, du café par exemple, ou de l'eau mêlée d'un peu d'encre. Il ſortira de ce liquide une fumée plus ou moins épaiſſe qui s'élevera juſques à une certaine hauteur & qui y diſparoîtra enſuite. Un œil attentif reconnoîtra facilement que cette fumée eſt compoſée de petits grains arrondis, blanchâtres & détachés les uns des autres. Mais ſi l'on veut acquérir des lumieres plus certaines ſur la nature de ces petits grains, il faut s'armer d'une loupe d'un pouce ou d'un pouce & demi de foyer & obſerver avec cette loupe la ſurface de la liqueur, mais en ayant ſoin de tenir la loupe hors du courant des vapeurs qui s'élevent de la taſſe, pour que ces vapeurs ne s'attachent pas à elle & ne lui ôtent pas ſa tranſparence.

En obſervant ainſi attentivement ce qui ſe paſſe à la ſurface de la liqueur, on verra des bulles ſphériques de différentes groſſeurs ſortir de cette ſurface avec un mouvement plus ou moins rapide. Les plus déliées s'élevent avec rapidité, traverſent bien vite le champ de la loupe & ſe dérobent ainſi aux regards de l'obſervateur, mais les plus groſſieres retombent dans la taſſe, & ſans ſe mêler avec le liquide dont elles ſortent, elles roulent ſur ſa ſurface comme une pouſſiere légere, qui obéit à l'impulſion de l'air & que l'on peut avec le ſouffle chaſſer à ſon gré d'un bord à l'autre. Même dans les momens où rien ne paroît agiter l'air, on voit ces globules ſe mettre tout à coup en mouvement, on voit même les plus petits d'entre ceux qui repoſoient tranquillement ſur la ſurface du

du liquide soulevés par une agitation de l'air que nos sens ne sauroient appercevoir, s'envoler & disparoître, tandis que les plus gros demeurent à leur place ou roulent sur la surface sans l'abandonner, d'autres fois on en voit qui étoient suspendus en l'air, descendre à la surface du liquide, s'y poser pour ainsi dire, comme un vol de pigeons sur un champ nouvellement semé, & s'envoler de nouveau quand un souffle vient les soulever. On les voit aussi quelquefois disparoître en se mêlant avec la liqueur.

La légereté de ces petites spheres, leur blancheur, leur apparence absolument différente de celle de globules solides, leur parfaite ressemblance avec les bulles plus volumineuses que l'on voit nager à la surface du liquide, ne laissent aucun doute sur leur nature; il suffit de les voir pour être convaincu que ce sont des spheres creuses, semblables, à la grosseur près, à celles que l'on forme avec l'eau de savon.

§. 202. Mr. Kratzenstein, qui s'est beaucoup occupé de ces vésicules & qui a même prétendu réduire à elles seules tous les genres de vapeurs, (*b*) a tenté de les mesurer, il les a comparées avec un cheveu, & il a cru pouvoir assurer que leur diametre étoit douze fois plus petit. Ce cheveu, suivant Mr. Kratzenstein avoit pour diametre une 300e. de pouce, & par conséquent les vésicules de vapeur une 3600e. de la même mesure.

Grandeur de ces Vésicules.

(*b*) *Theorie de l'élévation des vapeurs & des exhalaisons démontrée mathématiquement, qui a remporté le prix au jugement de l'Acad. Royale des Belles-Lettres, Sciences & Arts, par Mr. Gottlieb Kratzenstein. Bordeaux* 1743.

Comme cette évaluation faite à l'estime, ne me paroissoit pas assez exacte, j'ai essayé d'observer ces vésicules, avec un microscope armé d'un micrometre ; mais je n'ai jamais pu apporter à cette mesure toute l'exactitude que j'aurois souhaitée, à cause de l'agitation continuelle de ces petites spheres, agitation qui paroît d'autant plus grande que le microscope grossit davantage. J'ai pourtant cru pouvoir évaluer les plus petites de ces vésicules aqueuses à une 380^e. de ligne, ou une 4560^e. de pouce, & les plus grosses de celles qui pouvoient se soutenir en l'air, au double de ce diametre, c. à d. à une 190^e. de ligne, ou une 2780^e. de pouce. La moyenne entre ces deux dimensions revient à peu près à celle de Mr. Kratzenstein.

Maniere de les observer.

§. 203. Voici comment je m'y suis pris pour les observer j'ai fait souffler une espece d'éolipile à deux boules Pl. 2. f. 3. C'est un tube de verre scellé en A & ouvert en D, les deux boules B & C communiquent entr'elles & avec l'ouverture ou le bec D. Je fais entrer quelques gouttes d'eau dans la boule B & je la place sur la flamme d'une lampe à esprit-de-vin ; j'emploie l'esprit-de-vin pour qu'il ne se forme point de suie qui salisse les boules de l'éolipyle. Dès que l'eau est sensiblement réchauffée dans la boule B, tandis que la boule C est encore froide, on voit les vapeurs qui sortent de la boule B, entrer dans la boule C & s'y condenser sous la forme d'un nuage qui est entiérement composé des vésicules dont nous nous occupons. Mais quand l'eau en continuant de se réchauffer vient à bouillir dans la boule B, le torrent de vapeurs élastiques qui entre dans C réchauffe cette boule, les vapeurs ne s'y condensent plus, on n'y voit plus ni nuages, ni vésicules, elle est parfaitement transparente, comme je l'ai dit

§. 183. & le jet sort par le bec D comme d'une éolipyle simple. Mais si l'on éloigne l'éolipyle de la flamme, & qu'avec un peu d'eau fraiche on refroidisse la boule C, on verra sur le champ reparoître la vapeur vésiculaire. En plaçant alors cette même boule sur le porte-objet d'un microscope, on pourra observer ces vapeurs avec la plus grande commodité; la rapidité de leur mouvement empêchera pourtant comme je l'ai dit, qu'on ne puisse les suivre & les mesurer avec de fortes lentilles.

§. 204. Mr. Kratzenstein ne s'est pas contenté d'avoir mesuré le diametre de ces petites spheres creuses, il a voulu encore déterminer l'épaisseur de la lame d'eau dont elles sont formées. La méthode qu'il a employée pour la solution de ce problême est très-ingénieuse. Il a cru voir que ces vapeurs exposées à un rayon du soleil dans une chambre obscure transmettent ou réfléchissent une couleur uniforme tant que l'air dans lequel elles nagent conserve le même degré de chaleur ou d'élasticité & qu'ainsi la lame d'eau qui les forme conserve la même épaisseur; mais que leur couleur varie, lorsque cet air par sa compression ou par sa dilatation change l'épaisseur de cette lame, ou lorsque le fluide élastique renfermé dans ces vésicules augmente ou diminue leur volume par l'accroissement ou la diminution de son élasticité. Or l'immortel Newton ayant déterminé, dans les grandes bulles que l'on fait avec l'eau de savon, l'épaisseur d'eau nécessaire pour transmettre telle ou telle couleur, Mr. Kratzenstein a cru que par cela même, lorsqu'il obtenoit telle ou telle suite de couleurs par les rayons transmis au travers des vésicules vaporeuses, il falloit que la lame d'eau qui les forme eût telle ou telle épaisseur déterminée. Il conclut de là que l'épaisseur de cette lame dans l'état naturel de

Epaisseur de la lame qui les forme, suivant Mr. K.

l'air eſt environ la cinquante-millieme partie d'un pouce anglois. (c)

Conſéquence que Mr. K. tire de cette épaiſſeur.

§. 205. La conſéquence importante qu'il déduit de la détermination de cette épaiſſeur, c'eſt que ces véſicules, lors même qu'on les ſuppoſeroit abſolument vuides, ne ſauroient être plus légeres qu'un pareil volume d'air, & ne ſauroient par conſéquent ſe ſoutenir, ni à plus forte raiſon s'élever dans l'air par leur légereté ſpécifique. Il démontre que ſi elles ſont réellement compoſées d'une lame auſſi épaiſſe qu'il la ſuppoſe, il faudroit que leur diametre fût trois fois auſſi grand que celui d'un cheveu pour s'élever dans l'air par leur légereté. Or leur diametre étant beaucoup plus petit, il s'enſuit ſuivant Mr. Kratzenstein que chacune de ces véſicules eſt plus denſe qu'un pareil volume d'air. Alors pour expliquer leur ſuſpenſion dans l'air, il emploie la viſcoſité de ce fluide; & pour leur aſcenſion, il a recours, tantôt à l'aſcenſion de l'air lui-même, qui dans certains cas les entraîne avec lui; tantôt à une eſpece de diſſolution, qui n'a rien de commun avec la diſſolution chymique, & qui m'a paru, je le dis avec franchiſe, auſſi obſcure, que le reſte de l'ouvrage eſt clair & ingénieux.

Les brouillards & les nuages ſont compoſés de ces véſicules.

§. 206. Pour moi, je crois, que ſans s'arrêter à l'épaiſſeur de la lame qui forme ces véſicules, on eſt forcé de reconnoître qu'elles ſont auſſi légeres, & quelquefois même plus légeres que l'air. C'eſt ce qui paroîtra évident ſi l'on eſt une fois bien perſuadé, que les brouillards & les nuages, même les plus

(c) Leibnitz s'eſt auſſi occupé des vapeurs véſiculaires, & il a donné l'expreſſion générale de l'épaiſſeur que doit avoir leur pellicule, pour qu'elles ſoient auſſi légeres que l'air dans lequel elles nagent, en les ſuppoſant remplies d'un fluide d'une denſité donnée, mais plus petite que celle de ce même air. *Leibnitz op. omn. T. II. Part. II. p. 82.*

élevés, ne sont autre chose qu'un assemblage de ces vésicules. Or il suffit pour s'en convaincre, d'observer les particules dont est composé un brouillard dans la plaine, ou un nuage sur une haute montagne. On y reconnoîtra, comme je l'ai fait tant de fois, des vésicules parfaitement semblables à celles que nous avons vues s'élever de l'eau chaude ou se former dans la seconde boule de l'éolipyle; même grandeur, même couleur, même forme, mêmes mouvemens, en un mot la plus parfaite ressemblance.

Voici comment je les observe. Debout au milieu du nuage, je tiens d'une main tout près de mon œil une loupe d'un pouce & demi à deux pouces de foyer, & de l'autre une surface noire, plate & polie, telle que le fond d'une boîte d'écaille; j'approche cette surface de la lentille, jusques à ce qu'elle soit tout près du foyer, mais qu'elle ne l'atteigne pourtant pas entiérement; & là comme un chasseur à l'affut, j'attends que l'agitation de l'air chasse quelque particule du nuage dans le foyer de la lentille. Si le nuage est épais, je n'ai pas longtems à attendre; je vois ces particules rondes & blanches passer, les unes avec la rapidité de l'éclair, d'autres plus lentement, quelques-unes rouler sur la surface de l'écaille, d'autres la frapper obliquement & réjaillir comme un ballon lancé contre une muraille; d'autres enfin s'y asseoir & s'y fixer en prenant la forme d'un hémisphere. On voit aussi de très-petites gouttes d'eau venir se poser sur l'écaille, mais la pesanteur de leur marche & leur transparence les font aisément reconnoître.

Meme sans le secours d'une lentille, si l'on se trouve dans un brouillard ou dans un nuage, qu'il soit suffisamment éclairé,

& qu'on obſerve ſous un jour favorable, on verra à l'œil nud, les particules dont il eſt compoſé, flotter dans l'air & voltiger avec une légereté qui prouve bien qu'elles ſont vuides; car des parties d'eau aſſez groſſieres pour être diſtinguées par les yeux ſans le ſecours du microſcope, ne ſauroient, ſi elles étoient pleines, être ſoutenues dans l'air par ſa ſeule viſcoſité.

La lumiere n'eſt pas diviſée par les nuages comme par de gouttes pleines.

§. 207. D'ailleurs les nuages ne forment point d'arc-en-ciel, comme le font des gouttes ſolides; & lorſqu'ils ne ſont pas dans un état de réſolution actuelle, ils ne changent point la forme apparente des aſtres que leur tranſparence permet d'appercevoir, parce que les rayons de lumiere en traverſant des méniſques infiniment minces ne ſouffrent pas de déviation ſenſible. Mais dès que les nuages commencent à ſe réſoudre en gouttes ſolides; ou même, ſi, ſans nuages, de telle gouttes commencent à ſe former dans l'air, les aſtres vus au travers paroiſſent mal terminés; on les voit entourés d'une lumiere diffuſe, de cercles, de halos. C'eſt pour cela que ces météores ſont, les précurſeurs de la pluie; car la pluie n'eſt autre choſe que ces petites gouttes augmentées ou réunies.

Ces véſicules ſont donc auſſi légeres que l'air.

§. 208. Dès qu'une fois il eſt prouvé que les nuages ſont compoſés de véſicules aqueuſes, il eſt par cela même démontré que ces véſicules ſont d'une légereté ſpécifique, égale à celle de l'air & même quelquefois plus grande.

Car ſi elles étoient plus denſes que l'air, elles ſeroient entraînées par leur poids, & les nuages dans les tems calmes deſcendroient peu à peu juſques à la ſurface de la terre. Dans les pays de plaine on ignore la hauteur à laquelle ſe trouvent les nuages, on peut croire que cette hauteur varie ſans ceſſe

& que c'est la violente agitation de l'air qui soutient leurs petites parties. Mais dans les vallées, on voit quelquefois par des tems parfaitement calmes les montagnes coupées parallélement à l'horizon par des nuages dont le bord inférieur est terminé avec tant de précision, qu'ils ne peuvent pas changer de hauteur sans que l'on s'en apperçoive; & on les voit quelquefois pendant plusieurs jours consécutifs se soutenir exactement à la même élévation.

On les voit même s'élever quand le barometre monte; parce que l'air étant devenu plus dense, ils sont forcés à chercher dans une région plus élevée une couche d'air qui soit en équilibre avec eux. Tous les voyageurs qui ont fait quelque séjour à Naples ou à Catane savent, que la fumée & les vapeurs qui entourent la cime du Vésuve & de l'Etna montent & descendent en même tems que le mercure dans le barometre: les mouvemens de ces vapeurs servent même de pronostic dans ces pays où le barometre est encore peu en usage. Il faut donc que ces vésicules soient à peu près en équilibre avec l'air, & qu'elles soient même quelquefois plus légeres que lui dans les couches inférieures de l'atmosphere.

§. 209. Mais comment répondre aux calculs de Mr. Kratzenstein, qui démontrent, suivant lui, que ces vésicules sont beaucoup plus denses que l'air? Réfutation des calculs de Mr. K.

Je dirai d'abord, que je n'ai point apperçu les mêmes phénomenes, quoique j'aie suivi exactement le procédé qu'il indique. Voici son observation, comme il la rapporte dans le §. XIV. de sa Dissertation.

“ J'ai pris, dit-il, un globe de verre qui avoit 5 pouces
„ de diametre : à ſon orifice étoit adapté un robinet. En ſouf-
„ flant dans le globe, j'ai comprimé l'air qui y étoit, puis
„ ayant fermé le robinet, j'ai expoſé le globe aux rayons du
„ ſoleil dans la chambre obſcure ; mais je n'ai pu appercevoir
„ aucune des vapeurs que j'avois fait entrer en ſoufflant. Ayant
„ ouvert le robinet pour faire ſortir l'air comprimé, j'ai vu
„ d'abord une grande quantité de vapeurs qui tomboient; mais
„ elles ont encore diſparu lorſque j'ai comprimé de nouveau
„ l'air qui étoit dans le globe. Regardant ces vapeurs de ma-
„ niere que mon œil fît avec le rayon du ſoleil un angle en-
„ tre 5 & 10 degrés ; j'ai apperçu avec grand plaiſir une
„ ſuite de très-belles couleurs qui ſe changeoient peu à peu
„ en d'autres, à meſure que l'air comprimé ſortoit de la boule.
„ Voici la ſuite des couleurs telle que je l'air remarquée,
„ rouge, verd, bleuâtre, rouge, verd. Ayant mis l'œil en-
„ tre le ſoleil & les vapeurs, & les ayant regardées ſous les
„ mêmes angles que je viens de dire, j'ai apperçu les mêmes
„ couleurs que donnoit la réflexion, mais elles étoient dans un
„ ordre renverſé. „

Dans les paragraphes ſuivans, l'Auteur rapporte diverſes expériences du même genre, & dans les §. §. 47 & 48, il aſſimile ces expériences à celles de Newton ſur les boules de ſavon, & comme Newton a déterminé l'épaiſſeur de la lame d'eau, qui dans telle ou telle ſuite de couleurs donne telle ou telle nuance, Mr. Ktratzenstein a cherché dans les ſuites de couleurs obſervées par ce grand phyſicien, celles qui correſpondoient aux ſuites des couleurs des véſicules renfermées dans le ballon ; & il en a conclu l'épaiſſeur des lames de ces véſicules.

Ce

Ce qu'il y a donc ici d'essentiel c'est de déterminer la suite ou la succession des couleurs que donnent les vésicules ; or c'est ce que je crois absolument impossible, soit à cause de la briéveté de la durée de ces couleurs, soit plutôt parce qu'elles sont simultanées & non pas successives.

En prenant pour exemple l'expérience que j'ai rapportée plus haut d'après Mr. Kratzenstein, expérience très-facile à répéter & en même tems très-curieuse, j'ai vu comme lui, que tant que le robinet fermé tient l'air dans un état de condensation, on n'apperçoit aucune vésicule dans le ballon; & qu'il faut même qu'il se soit échappé une quantité d'air assez considérable pour qu'elles commencent à paroître. Alors on voit des vésicules, d'abord en petit nombre, & qui dans ces premiers momens donnent des couleurs peu distinctes; mais l'air continuant à sortir, leur nombre augmente rapidement, & leurs rayons réunis donnent des couleurs très-vives. Dans cette période tout le rayon de lumiere qui traverse le globe, paroît teint à la fois de toutes les couleurs de l'arc en ciel, disposées par tranches distinctes & paralleles comme dans l'image du prisme, & qui varient suivant l'angle sous lequel on les voit. Ces couleurs ne demeurent ainsi vives & distinctes que pendant deux ou trois secondes; bientôt tout se brouille, les couleurs se mêlent sans aucune régularité, les vésicules deviennent si peu nombreuses qu'on ne peut plus distinguer leurs couleurs & enfin elles disparoissent entiérement.

J'ai cherché à prolonger la durée de ce beau phénomene en fermant le robinet à l'instant où je voyois les couleurs les plus vives, ou même un peu auparavant, mais ces tentatives ont été infructueuses, il ne dure jamais qu'un instant; & si

on retarde la ſortie de l'air en n'ouvrant le robinet qu'en partie, les vapeurs véſiculaires ne ſe forment qu'en petite quantité à la fois & les couleurs ne ſont ni brillantes ni diſtinctes.

Cependant quelque paſſager que ſoit ce phénomene, il dure aſſez pour renverſer le ſyſtême de Mr. Kratzenstein. Car dès qu'il préſente à la fois un grand nombre de couleurs, on ne peut pas dire que ce ſoit la dilatation des véſicules & l'aminciſſement de leur écorce qui leur fait prendre ſucceſſivement des teintes différentes: toutes les couleurs exiſtantes à la fois, il faut qu'il y ait tout à la fois des lames de toute épaiſſeur. Et en effet, puiſque chacune de ces véſicules eſt une bulle ſemblable à une bulle d'eau de ſavon, elle doit auſſi être plus épaiſſe par en bas, plus mince par en haut, & avoir ſur ſes flancs des épaiſſeurs intermédiaires. Peut-être même ne ſont-ce que les parties les plus épaiſſes, celles qui ſont au bas de chaque goutte, qui donnent des couleurs. Je ne crois donc pas que l'on puiſſe déduire de ces couleurs une connoiſſance certaine de l'épaiſſeur des parois des véſicules vaporeuſes.

Atmoſph. de ces véſic.

§. 210. Mais lors même qu'on leur attribueroit une écorce auſſi épaiſſe que le veut Mr. Kratzenstein; il faut conſidérer que la légéreté de ces véſicules ne dépend pas uniquement du peu d'épaiſſeur de leur enveloppe.

La plupart des Phyſiciens croient que preſque tous les corps ſont environnés d'un fluide beaucoup plus rare que l'air, que ce fluide leur eſt adhérent & forme autour d'eux une eſpece d'atmoſphere. Un nombre de phénomenes de l'optique & de l'électricité ſemblent venir à l'appui de cette opinion. Nos véſicules mêmes donnent un indice très-frappant de l'exiſtence de

leur atmosphere, & cela par la liberté avec laquelle elles roulent sur la surface de l'eau sans se mêler & sans contracter aucune adhérence avec elle: car il est évident que si elles étoient en contact immédiat avec la surface de l'eau elles y seroient retenues par une attraction très-forte. En effet si l'on répand sur l'eau une poussiere légere, & qu'ensuite on souffle sur cette poussiere, on verra que les particules qui ont été en contact réel avec l'eau lui adhérent & ne sont point entraînées par le souffle; celles-là seules, qui soutenues par les autres ou par quelqu'autre cause n'ont point touché à l'eau, cédent à l'impulsion de l'air. Mais on voit, comme je l'ai dit plus haut, les vésicules aqueuses flotter à la surface de la tasse de liqueur chaude, que l'on observe au grand jour; on voit ces particules non seulement rouler sur cette surface, mais l'abandonner même & s'envoler dès que le plus foible vent les souleve.

Il paroît donc bien certain qu'elles ne sont point en contact immédiat avec l'eau, & qu'une enveloppe légere & invisible les empêche de la toucher.

§. 211. Mais quelle est la nature de cette atmosphere qui les environne? Si c'est du feu, il faut qu'il soit là dans un état de combinaison qui masque plusieurs de ses propriétés connues; car le froid seul ne suffit point pour dérober à ces vésicules l'enveloppe légere qui les soutient en l'air, on voit flotter des nuages dans les hivers même les plus rigoureux, & les nuages ne sont autre chose que des amas de ces vésicules. Cependant la chaleur, ou du moins la diminution du froid, qui en hiver accompagne toujours la pluie, sembleroit indiquer, que ces vésicules en se résolvant en eau ont rendu

Quelle est la nature de cette atmosphere.

la liberté à une certaine quantité de feu, qui étoit auparavant employé à les foutenir. Et fi la pluie rafraîchit le tems en été, c'eft que d'un côté elle apporte avec elle la température froide des hautes régions dans lefquelles elle s'eft formée, & de l'autre elle produit une grande évaporation & par cela même du froid en tombant fur la terre échauffée. Ces deux caufes de refroidiffement peuvent donc compenfer & au-delà l'augmentation de chaleur que produiroit fans elles le feu devenu libre par la réfolution des nuages.

Seroit-ce le fluide électrique? Sans doute au premier coup-d'œil rien ne paroît l'indiquer; il femble même que fon affinité avec l'eau devroit le dérober bien vîte à ces véficules quand elles nagent à fa furface. Mais ce fluide eft fi varié dans fes modifications & dans fes effets, on auroit fi peu foupçonné qu'il pût s'accumuler au milieu des eaux dans les organes intérieurs d'un poiffon & lui fournir une arme meurtriere contre fes ennemis, qu'il ne doit point paroître impoffible qu'il ne joue ici quelque rôle; je donnerai même plus bas un indice affez frappant de fon influence fur ce genre de vapeurs.

Seroient-ce enfin les élémens de cet air fubtil que divers phyficiens ont diftingué de l'air groffier; les parties les plus ténues, les plus légeres de l'air que nous refpirons, ou quelqu'autre fluide aëriforme qui ne nous eft pas encore bien connu? Mr. Priestley a découvert des airs de tant d'efpeces différentes, qu'il femble que les phyficiens foient en droit d'en fuppofer de telle nature & de telle denfité, que les phénomenes de la nature paroiffent l'exiger.

§. 212. La même question se présente lorsque l'on vient à examiner l'intérieur de ces vésicules. Seroient-elles parfaitement vuides? Je ne saurois le croire; elles paroissent manifestement plus grosses lorsqu'elles sont fortement réchauffées; il faut donc qu'elles contiennent un fluide expansible par la chaleur. Leur légéreté écarte l'idée de l'air grossier. Quel est donc ce fluide? C'est le même, sans doute, qui forme leur atmosphere, & sur la nature duquel je n'ai point assez de lumieres pour oser faire un choix entre les opinions, que j'ai proposées.

Qu'y a-t-il dans leur concavité.

§. 213. Quant à la raison de leur formation; quant à la cause qui peut obliger les particules d'eau à s'arranger entr'elles de maniere à former ainsi des spheres creuses; sans doute je n'entreprendrai pas d'en expliquer les détails : nous sommes encore bien éloignés d'avoir des notions distinctes sur ce qui tient d'aussi près à la structure intime & élémentaire des corps; je dirai seulement que la plupart des liquides ont une disposition marquée à prendre cette forme & qu'elle paroît être le résultat de leur viscosité ou de l'attraction mutuelle de leurs parties élémentaires & de la figure propre à ces mêmes parties: c'est une espece de crystallisation, la seule dont l'eau soit susceptible, tant qu'une chaleur suffisante la maintient dans un état de liquidité. Il paroît même que l'eau sous cette forme a la force de résister à la congélation; car on voit, comme je l'ai dit, des nuages ou des brouillards composés de ces vésicules se soutenir dans l'air même dans les tems où le thermometre est de plusieurs degrés au-dessous du terme de la glace. Et je ne crois pas que l'eau qui forme ces vésicules soit là dans un état de congélation, parce que le givre qui résulte de leur condensation ne présente point au microscope un amas

Comment se forment-elles?

de particules ſphériques ; mais de cryſtaux en aiguilles très-déliées ; ce qui prouve qu'avant de ſe geler & de former le givre elles ont perdu leur forme véſiculaire & ſe ſont changées en goutelettes d'eau qui ſe ſont cryſtalliſées au moment de leur congélation.

Condenſat. de ces véſic.

§. 214. Lors donc que les vapeurs véſiculaires ſe condenſent par un tems froid, l'eau qui formoit leur enveloppe ſe cryſtalliſe, tantôt en givre, quand elle s'attache à des corps ſolides ; tantôt en neige quand cette condenſation ſe fait au milieu des airs & qu'il ne ſe trouve aucun corps ſolide dont l'attraction détermine les particules d'eau à ſe réunir à ſa ſurface. Mais s'il ne gele pas, les petites gouttes qui réſultent de la condenſation des véſicules ſe réuniſſent en roſée ou en une pluie que ſon poids entraîne vers la terre. Quelquefois auſſi leur extrême ténuité, leur rareté qui les empêche de ſe réunir, l'agitation de l'air, ou quelqu'autre cauſe leur permet de ſe ſoutenir & de flotter pendant quelque tems dans l'air. Alors quoi qu'elles ne méritaſſent peut-être pas le nom de vapeurs, puiſque ce n'eſt que de l'eau réduite, pour ainſi dire, en pouſſiere ; cependant, comme on comprend ſous le nom général de vapeurs, tous les corps légers qui ſe ſoutiennent dans l'air, je donne à ces petites gouttes le nom de *vapeur concrete.*

Modificat. ſucceſſives des vapeurs.

§. 215. Nous avons donc vu la combinaiſon de l'eau & du feu former la *vapeur élaſtique* ; celle-ci ſe diſſoudre dans l'air ; & lorſque l'air en eſt ſuperſaturé, nous avons vu cette même vapeur ſe condenſer en *véſicules* ; & celles-ci enfin, dans certaines circonſtances ſe condenſer encore plus & ſe changer en gouttes ſolides, ou en *vapeur concrete.*

Mais ces gradations ne s'observent pas toujours : la vapeur élastique surabondante dans l'air paroît quelquefois se condenser immédiatement en gouttes sans passer par l'état de vésicules. Nous en avons la preuve dans le serein & la rosée de l'été, qui pour l'ordinaire, n'occasionnent aucun brouillard, & par conséquent aucune vapeur vésiculaire, & qui résultent donc d'une condensation immédiate de la vapeur élastique qui avoit été formée & dissoute dans l'air par la chaleur du soleil.

§. 216. Il paroît donc qu'il y a ici quelque condition à nous inconnue ; qui est requise, tant pour la formation que pour la destruction de ces vésicules.

Considérat. ultérieures sur les vapeurs vésic.

Nous voyons bien qu'elles n'existent jamais, que dans un air saturé de vapeurs ; je m'en suis très-souvent assuré par des expériences directes, tant sur les brouillards de la plaine que sur les nuages les plus élevés qui s'attachent aux montagnes ; l'Hygrometre que l'on y plonge indique toujours l'humidité extrême. Et nous voyons tout aussi clairement, qu'aussi-tôt que l'air reprend une force dissolvante, qui le met au-dessus de cette humidité extrême, ces vésicules disparoissent & se changent en une vapeur élastique qui se dissout dans l'air.

Mais pourquoi dans certains cas ces vésicules se condensent-elles en vapeurs concrétes, tandis que dans d'autres elles conservent leur forme vésiculaire ? Le froid ne suffit pas pour les condenser, puisqu'on les voit résister à la congélation. Leur approche mutuelle ou leur rencontre ne suffit pas non plus ; car elles peuvent rouler sur l'eau même sans se confondre avec elle, & sans changer de forme.

Il faut donc chercher la raiſon de leur exiſtence dans ce fluide à nous inconnu qui remplit leur concavité & qui forme leur atmoſphere.

Seroit-ce, je le demande encore, le fluide électrique, qui raſſemblé dans l'intérieur & autour de ces véſicules les ſouleve & leur donne le pouvoir de nager dans les airs? Nous trouverions dans cette hypotheſe la raiſon de ces à-verſes qui ſuivent ſi ſouvent les exploſions électriques des nuées. Il ſeroit évident, que le fluide électrique, toutes les fois qu'il abandonne une nuée permet la condenſation des véſicules qu'il tenoit dilatées & dont il formoit la légere enveloppe. On diroit alors que ces véſicules privées toutes à la fois, par une exploſion ſubite, des ailes qui les ſoutenoient, ſe changent en gouttes maſſives, tombent par leur poids, ſe réuniſſent en groſſes gouttes & forment ces pluies terribles que le vulgaire attribue à des tonnerres tombés en eau, ou à des nuages qui ſe crevent.

Doute ſur leur formation.

§. 217. Ici on demandera peut-être, ſi, comme les vapeurs concretes peuvent ſe former immédiatement de la vapeur élaſtique, ſans paſſer par l'état de vapeur véſiculaire, de même auſſi la vapeur véſiculaire ne pourroit point être le produit immédiat de quelqu'opération de la nature, & ſortir toute formée des corps qui s'évaporent.

Pour répondre à cette queſtion, il faut d'abord obſerver, que ces véſicules ne peuvent exiſter que dans un air déja ſaturé de vapeurs, puiſque s'il ne l'eſt pas, il les diſſout à l'inſtant même & les change en vapeurs élaſtiques. Si donc de l'eau, ou un corps qui en eſt pénétré ſe réſout en vapeurs, on ne pourra

pourra voir flotter autour de ce corps aucune vésicule aqueuse, que l'air qui l'entoure n'en soit premiérement saturé. Ensuite, si l'évaporation continue, les vapeurs surabondantes se changeront en vésicules. Or les phénomenes de l'éolipyle me persuadent que les vapeurs aqueuses sortent toujours des corps sous la forme élastique & ne prennent que dans l'air la forme vésiculaire. En effet nous voyons dans l'éolipyle à deux boules §. 203. cette vapeur élastique parfaitement transparente, remplir la boule extérieure, sortir par le bec sous cette même forme, & ne se changer en vésicules que dans l'air & même à une certaine distance du bec.

Il semble bien quelquefois, que ces vésicules sortent toutes formées des corps qui s'évaporent, lorsqu'on les voit ramper sous la forme d'un léger brouillard à la surface des eaux, des prairies, & même sur une tasse de liqueur échauffée; mais je crois qu'elles se forment alors tout près de la surface & non pas dans l'intérieur, ni méme dans la premiere lame du liquide qui s'évapore.

Nuages dont la production est instantanée.

§. 218. J'ai souvent observé un phénomene bien remarquable, & qui paroît propre à répandre quelque jour sur cette question. Arrêté par un tems pluvieux sur la cime ou sur le penchant de quelque haute montagne, je cherchois à épier la formation des nuages que je voyois naître presqu'à chaque instant sur les forêts ou sur les prairies situées au-dessous de moi. Nul brouillard ne couvroit leur surface, l'air qui l'environnoit étoit parfaitement net & transparent; mais tout-à-coup, tantôt ici tantôt là, il paroissoit quelqu'un de ces nuages sans que jamais je pusse saisir le premier instant de sa formation. Dans une place que

mon œil ne faisoit que de quitter, où deux secondes auparavant il n'en existoit point, j'en voyois tout-à-coup un, déja grand, du diametre de deux ou trois toises pour le moins. N'est-il pas naturel de croire, que dans l'air saturé de la vapeur élastique & transparente qui couvroit la surface où naissoient ces nuages, il ne manquoit qu'une certaine condition, pour changer cette vapeur en vésicules, & que du moment où cette condition existoit, ces vésicules se formoient & produisoient un nuage.

Lorsque le tems alloit au beau, ces nuages s'élevoient, diminuoient en montant, & se dissolvoient entiérement dans l'air; si au contraire le tems se disposoit à la pluie, ils augmentoient de volume, tantôt dans la même place, tantôt en montant & quelquefois même en descendant le long de la montagne.

CHAPITRE III.

DE L'ÉVAPORATION DANS UN AIR RARÉFIÉ OU CONDENSÉ.

§. 219. LES raisonnemens & les faits exposés dans le Chap. VI du précédent Essai & dans le premier Chapitre de celui-ci, prouvent que l'évaporation, entant qu'elle dépend de la conversion de l'eau en un fluide élastique, s'opere beaucoup plus aisément & à un moindre degré de chaleur dans le vuide ou dans un air rare que dans un air dense; parce que toute pression résiste au développement & à l'expansion de ce fluide élastique.

La vapeur élastique se forme plus aisément dans un air rare.

L'INTENSITÉ du froid produit dans le vuide par l'évaporation de l'éther, prouve aussi la promptitude avec laquelle cette liqueur se convertit en vapeur élastique lorsqu'elle est délivrée du poids de l'atmosphere.

LA vapeur élastique se forme donc plus aisément dans un air rare, & à cet égard la rarefaction de l'air facilite & augmente l'évaporation.

§. 220. MAIS d'un autre côté, l'air, quand il est rare, dissout une moins grande quantité de vapeurs que quand il est dense; & nous avons même tâché d'évaluer le rapport dans lequel cette quantité diminue à mesure que l'air se raréfie, §. 148.

Mais un air rare dissout moins de vapeurs.

L'Évaporation produite par la ſimple diſſolution de l'eau dans le fluide qui l'entoure eſt donc moins grande dans le vuide que dans l'air, & c'eſt ainſi que l'on peut rendre raiſon de quelques expériences dans leſquelles de l'eau renfermée ſous un récipient purgé d'air a ſouffert dans un tems donné une moins grande évaporation qu'un pareil volume d'eau expoſé pendant le même tems à l'air libre. *Philoſoph. Tranſact. Vol. LIX. pag.* 256.

Il y a cependant un cas dans lequel l'évaporation ſeroit beaucoup plus grande dans le vuide qu'à l'air libre ; c'eſt celui où l'eau dont on conſidere l'évaporation ſeroit ſenſiblement plus chaude que les parois du récipient dans lequel elle ſeroit renfermée ; car alors les vapeurs élaſtiques produites par la chaleur ſe condenſant continuellement contre les parois intérieures de ce récipient, ſeroient continuellement remplacées par d'autres, & il ſe feroit ainſi une vraie diſtillation qui pourroit être très-abondante (*a*). Il y a même des fluides tels que l'Ether dont la volatilité ou la tendance à ſe convertir en fluides élaſtiques ne peut être réprimée que par une compreſſion très-forte & qui ſouffrent une évaporation beaucoup plus grande dans le vuide que dans l'air, lors même qu'ils ſont beaucoup plus froids que le récipient qui les renferme.

(*a*) On trouve dans les *Actes littéraires de Suede p. l'année* 1738 *Art. I.* un mémoire de N. Wallérius, qui prouve par des expériences directes & nombreuſes, que l'évaporation peut être conſidérable dans un récipient parfaitement purgé d'air. On peut auſſi voir des expériences très-curieuſes ſur l'élaſticité des vapeurs dans le vuide ; les unes du célebre Daniel Bernoulli ; les autres de Mr. *Nairne*, *Philoſ. Tranſact.* 1777 pag. 614.

§. 221. Quant à l'Hygrometre, nous avons examiné fort en détail dans le Chap. VI du précédent Essai les phénomenes qu'il présente dans un air raréfié ou condensé. Nous avons vu, que si un Hygrometre à cheveu est renfermé sous le récipient d'une machine pneumatique qui ne contienne aucun corps aqueux, chaque coup de piston fait marcher cet Hygrometre vers la sécheresse, parce que l'eau renfermée dans le cheveu & qui étoit auparavant retenue par la pression de l'air, se résout en vapeurs & abandonne le cheveu à mesure que cette pression diminue. Phénom. de l'Hygr. dans un air qui se raréfie.

Mais si un récipient purgé d'air contient de l'eau ou un corps qui en soit impregné, l'Hygrometre marche très-promptement à l'humide, parce que cette eau se résout en une vapeur élastique abondante, qui remplit bientôt toute la capacité du récipient & humecte les corps qu'il renferme.

Cependant si l'on extrait avec beaucoup de diligence l'air renfermé dans ce récipient qui contient un corps impregné d'eau, l'Hygrometre commencera par aller au sec; parce qu'il sera desséché par la raréfaction de l'air, avant que l'eau ait eu le tems de se réduire en vapeurs & que ces vapeurs soient venues rendre au cheveu l'humidité qu'il ne cesse de perdre. Mais si l'on arrête le jeu des pistons pendant quelques instans, on verra bientôt l'Hygrometre rétrograder vers l'humidité, & il atteindra même le terme de l'humidité extrême beaucoup plutôt qu'il ne l'auroit fait dans ce même récipient rempli d'air.

Phénom. de l'Hygromet. dans un air qui se condense.

§. 222. Si au contraire on condense l'air dans un récipient qui contient un Hyrometre, cet Hygrometre ira à l'humide, parce que l'air que l'on fait entrer de force dans le récipient apporte avec lui les vapeurs qu'il contient ; & comme sa force dissolvante ne croît pas en raison de sa densité, les vapeurs se trouvent moins fortement retenues & le cheveu en absorbe une partie ; ou pour employer une image plus palpable, la condensation exprime en quelque maniere la vapeur élastique renfermée dans l'air, la condense, & la force à s'insinuer dans les pores des corps qui ont quelqu'affinité avec elle.

Vap. vésic. dans un récipient qu'on purge d'air.

§. 223. La vapeur vésiculaire se forme aussi dans un air raréfié ; mais les circonstances dans lesquelles elle s'y manifeste & les phénomenes qu'elle présente méritent d'être développés avec quelque détail.

Tous ceux qui ont fait usage de la machine pneumatique ont observé, que souvent après les premiers coups de piston on voit paroître dans l'intérieur du récipient une espece de vapeur ou de nuage, qui tombe ou se condense au bout de quelques instans, soit que l'on cesse, soit que l'on continue de faire agir la pompe. Mais si on laisse rentrer l'air & qu'on le raréfie ensuite de nouveau, on la voit de nouveau reparoître.

Dès que je me suis occupé de l'évaporation, j'ai cherché à connoître la nature de cette vapeur, & je me suis bientôt convaincu que ce n'étoit autre chose qu'une vapeur vésiculaire. Pour s'en assurer, il suffit de placer sa pompe dans une chambre obscure, & de faire passer au travers du récipient un rayon

du soleil d'un pouce ou d'un demi-pouce de diametre ; alors au moment où cette vapeur se manifeste on voit clairement soit à l'œil nud soit à l'aide d'une loupe, des vésicules arrondies, parfaitement semblables à celles qui s'élevent de l'eau bouillante, & les brillantes couleurs dont elles se parent ne laissent aucun doute sur leur nature.

§. 224. Lorsque j'eus reconnu que ces vapeurs étoient des vésicules aqueuses, je voulus voir quelle avoit été sur leur nature l'opinion des physiciens. Je consultai l'Abbé Nollet, & je vis qu'il soutient dans ses Leçons, Tome III, pag. 364, & dans un Mémoire qu'il a écrit expressément sur ce sujet, (*Mémoires de l'Acad. dès Sciences* 1740, pag. 243.) que ces vapeurs se séparent de l'air, même le plus soigneusement desséché, & dans un récipient parfaitement sec. Je fus très-étonné de cette assertion ; car la vapeur vésiculaire ne pouvant se former que dans un air parfaitement saturé, il seroit bien étrange de la voir naître dans un air sec, & ce qui est plus encore, dans ce même air devenu plus sec par sa raréfaction.

L'Abbé Nollet croyoit qu'elle se sépare de l'air même le plus sec.

§. 225. Je soupçonnai donc que l'Abbé Nollet avoit commis dans son expérience quelqu'inexactitude, & je résolus de la répéter avec le plus grand soin. J'employai une pompe dont tout l'intérieur avoit été récemment nettoyé, dont les cuirs & les pistons avoient été graissés avec de l'huile sans aucun mélange d'eau ; je posai sur la platine de cette pompe qui étoit parfaitement séche, un récipient aussi très sec & je le lutai avec de la cire propre & séche. Lorsqu'après avoir pris ces précautions, je raréfiai l'air contenu dans le récipient, il ne s'y forma pas le moindre atome de vapeur. Je délutai le récipient, je

Source de cette erreur.

l'expofai à l'air libre, qui étoit alors environ au 70e degré de mon Hygrometre, j'en pompai l'air de nouveau après avoir bien pris garde de n'y introduire aucune humidité, & je n'y vis encore paroître aucune vapeur : je changeai de récipient, même réfultat. Enfin j'introduifis fous ce récipient une carte humectée, & alors, alors feulement je vis les vapeurs obfervées l'Abbé NOLLET. Je retirai bien vîte la carte de peur que l'humidité qu'elle exhaloit ne faturât l'air & ne mouillât l'intérieur de ma pompe, & je répétai de nouveau à deux reprifes les mêmes expériences : le fuccès fut conftamment le même, je n'apperçus des vapeurs que lorfque je plaçai fous le récipient la carte humectée.

COMMENT donc ce Phyficien célebre a-t-il pu voir cette vapeur fe former dans des vafes fecs ? C'eft qu'il y avoit dans les tuyaux de fa pompe une humidité cachée, qui fe changeant en vapeur élaftique lorfque l'air fe raréfioit; s'élançoit avec force dans l'intérieur du récipient & même de plufieurs récipients, lorfqu'il en employoit plufieurs & qu'il les faifoit communiquer entr'eux. En effet nous avons déja vu §§. 136, 137, des expériences qui démontrent l'exiftence de ces vapeurs qui fe dégagent des tuyaux & des piftons de la pompe. Et ce qui acheva de me perfuader que c'étoit bien de là que venoient les vapeurs qui ont caufé l'erreur de l'Abbé NOLLET c'eft que quand j'eus fait un grand nombre d'expériences avec la carte humectée, & que l'intérieur de ma pompe fe fut ainfi impregné d'humidité, toutes les expériences de ce Phyficien (*b*)

(*b*) CES expériences mal faites ont fervi de fondement à une fauffe théorie fur la formation des nuages, fur les caufes de la pluie, & fur un nombre d'autres phénomenes météorologiques. La plupart des phyficiens, fe fiant aux

me

me réussirent comme à lui; j'avois beau employer les récipiens les plus secs, les premiers coups de piston y faisoient toujours paroître des vapeurs.

§. 226. Mais comment cette vapeur vésiculaire se forme-t-elle dans un récipient lorsque l'on raréfie l'air qu'il contient? Nous avons déja vu que cette vapeur ne se forme point dans le récipient à moins qu'il ne contienne de l'eau en nature ou un corps qui en soit impregné. Or au moment où l'air se raréfie, la surface de cette eau délivrée d'une partie de la pression de l'air, se résout en vapeur élastique; cette vapeur sature d'abord les couches d'air les plus voisines de la surface dont elle sort, & le surplus, que ces couches ne peuvent pas dissoudre, se change en vapeur vésiculaire: ces vésicules, entraînées par le mouvement que la succion de la pompe imprime à l'air du récipient, s'y agitent & y tourbillonnent jusqu'à ce qu'elles aient été dissoutes par l'air s'il n'est pas saturé, ou condensées contre les parois du récipient, si l'air ne peut plus en dissoudre. Plus l'air contenu dans le récipient est humide, plus cette vapeur est facile à produire, abondante & durable; lorsqu'il est saturé d'humidité un seul coup de piston en remplit le récipient. Si au contraire l'air est sec, & que le corps qui doit fournir cette vapeur soit peu volumineux; il faut plus

Explication de la formation de cette vapeur dans le récipient.

expériences de l'Abbé Nollet & adoptant les conséquences qu'il en tire ont cru que la simple raréfaction de l'air peut lui faire abandonner les vapeurs qu'il tient en dissolution; ensorte qu'indépendamment de tout changement de température, le même air qui est sec dans la plaine deviendroit humide s'il s'élevoit au sommet d'une montagne, ce qui est absolument contraire à toute bonne théorie, & aux expériences directes que nous avons faites dans un air raréfié.

d'effort pour la faire paroître, les véficules qui la compofent font rares, & elles difparoiffent au moment même.

Solution d'une difficulté.

§. 227. Mais il paroîtra peut-être difficile de concilier cette explication avec le phénomene que préfente l'Hygrometre. Cet inftrument marche à la féchereffe dès que l'air fe raréfie, dans le moment même où il fe forme de la vapeur véficulaire. Si donc cette vapeur ne pouvoit fe former que dans un air faturé, comment la verroit-on paroître au moment où il fe desféche ? Je réponds, que ces vapeurs fe forment dans les couches faturées qui entourent les corps aqueux contenus dans le récipient ; & que lorfqu'elles font une fois formées, il leur faut pour fe diffoudre plus de tems qu'il n'en faut à l'air pour desfécher le cheveu par fa raréfaction : cependant leur durée n'eft que d'un petit nombre de fecondes, parce que bientôt elles fe réfolvent de nouveau en vapeurs élaftiques & fe mêlent avec l'air. C'eft ainfi qu'un vafe plein d'eau chaude exhale, même dans l'air le plus fec, des vapeurs véficulaires qui fe forment dans les couches d'air faturées qui repofent fur la furface de cette eau, & ces véficules flottent dans l'air jufqu'à ce qu'elles aient été diffoutes.

C'est par la même raifon, c'eft-à-dire, par un effet de la lenteur avec laquelle l'air diffout les vapeurs, que fi l'on a un récipient purgé d'air & faturé d'humidité & qu'on laiffe rentrer brufquement un air fec dans ce récipient, on verra fes parois fe ternir & fe couvrir d'une abondante rofée, dans le moment même où un Hygrometre qui y aura été renfermé, marchera au fec de 10 ou 12 degrés. Cette rofée n'eft autre chofe que la vapeur élaftique qui rempliffoit le récipient lorfqu'il étoit

vuide, mais qui a été forcée à se condenser subitement contre ses parois lorsqu'elle a été exposée à la compression de l'air. Or avant que l'air contenu dans le récipient ait repompé ces vapeurs & qu'il s'en soit saturé, l'Hygrometre qui indique toujours la modification actuelle de l'air, témoigne qu'il n'est pas encore arrivé au terme de la saturation; mais ce même Hygrometre retourne à l'humide à mesure que cet air se charge des vapeurs condensées dont il est entouré.

Rareté de l'air dans lequel cette vapeur peut se former.

§. 228. Il m'a paru intéressant de savoir jusqu'à quel point l'air pouvoit être raréfié sans que la vapeur vésiculaire cessât de s'y former. L'Abbé Nollet dit que la vapeur paroît dès que l'air commence à se dilater, & qu'ensuite elle disparoît pour toujours, lors même que l'on continue de pomper, à moins qu'on ne fasse rentrer de nouvel air dans le récipient. Il sembleroit donc qu'elle ne peut exister que dans un air médiocrement rare, & cela m'avoit paru d'abord naturel & très-facile à expliquer; mais à force de répéter & de varier mes expériences, j'ai vu qu'en cela encore l'Abbé Nollet s'étoit trompé, & que l'on peut faire paroître cette vapeur lors même que l'air est tellement raréfié qu'il ne supporte plus que 15 lignes de mercure. Il suffit pour cela d'interrompre pendant quelques minutes l'action de la pompe, pour donner à l'air le tems de s'humecter; parce que si l'on pompe l'air sans interruption, la grande raréfaction le desséche tellement, que les vapeurs vésiculaires ou ne s'y forment point du tout ou se dissolvent à mesure qu'elles se forment.

Détails de l'expérience.

§. 229. Mais je crois devoir donner les détails de cette expérience, qui est très-belle & très-curieuse. J'ai un récipient bien transparent étroit par en-bas, il n'a là, que deux

pouces & demi de diametre ; mais il s'élargit par le haut où il a environ dix pouces, & sa hauteur est d'un pied. Je le lute sur la platine avec de la cire molle, après y avoit logé un petit Hygrometre à cheveu & une carte à jouer imbibée d'eau. Je ferme les volets de mon cabinet & je n'y laisse entrer d'autre lumiere que celle d'un ra on du soleil, qui vient, ou directement ou réfléchi par un miroir, traverser mon récipient dans sa partie la plus large. Dès que, par l'action de la pompe, l'air se raréfie, l'Hygrometre marche au sec, & cependant après quelques coups de piston, plus ou moins comme je l'ai dit, suivant que l'air du récipient est plus ou moins humide, le rayon de lumiere qui traverse le récipient se remplit d'une vapeur semblable à une fine poussiere, dont les grains arrondis se colorent des plus brillantes couleurs. Mais peu-à-peu, soit que je continue, soit que je cesse de pomper, ces vésicules brillantes deviennent plus rares & disparoissent entiérement. J'interromps alors l'action de la pompe, l'Hygrometre marche à l'humide, j'attends qu'il soit venu tout près du terme de l'humidité extrême ; je recommence alors à raréfier l'air, sur le champ l'Hygrometre rétrograde vers la sécheresse, & bientôt les vapeurs reparoissent avec le même éclat & la même abondance, pour s'évanouir au bout d'un petit nombre de secondes. En procédant ainsi par alternatives de mouvement & de repos, j'ai produit des vapeurs vésiculaires bien visibles & colorées, lorsque l'air étoit raréfié au point de ne pouvoir plus soutenir que 15 lignes de mercure. Passé ce terme je n'ai pas pû parvenir à les rendre visibles ; & je dois même avertir que depuis que l'air n'a plus soutenu que 4 ou 5 pouces de mercure, elles sont devenues graduellement plus rares, & par cela même elles ont donné des couleurs moins brillantes,

sans doute parce qu'elles se décomposoient avec une très-grande promptitude. Cependant je les ai vues encore très-brillantes lorsque l'air ne soutenoit que 8 pouces de mercure.

Si pour completer l'expérience on acheve de raréfier l'air autant que la pompe permet de le faire & qu'alors elle demeure exactement fermée, on voit l'Hygrometre marcher à l'humide & arriver enfin au terme de l'humidité parfaite; on voit ensuite une rosée s'attacher aux parois intérieures du récipient & former ainsi une espece de distillation, comme cela arriveroit si le récipient étoit plein d'air. Alors si on permet à l'air extérieur de rentrer brusquement dans le récipient, cet air sec fait, comme je l'ai dit dans l'avant-dernier paragraphe, marcher l'Hygrometre vers la sécheresse, d'environ 10 ou 12 degrés, & dans le même moment les parois du récipient se couvrent d'une rosée si abondante qu'elles en sont presqu'entiérement ternies; mais bientôt l'air repompe une partie de cette rosée, & l'Hygrometre retourne au terme de l'humidité. Lorsque l'air est ainsi complétement saturé, si l'on pompe de nouveau, le premier, exactement le premier coup de piston remplit le récipient de vapeurs vésiculaires, qui brillent des couleurs les plus éclatantes, & l'on peut ainsi répéter cette belle expérience & obtenir les mêmes résultats que la premiere fois.

Les différentes couleurs paroissent en même tems.

§. 230. Quand on emploie ce procédé pour observer les vapeurs vésiculaires, on voit bien clairement que les différentes couleurs qui brillent sur ces vésicules ne se succedent pas à mesure que l'air se raréfie, comme le prétend Mr. Kratzenstein, §. 209, mais qu'elles existent toutes en même tems dans le même rayon. On ne voit pas non plus l'ordre que

ces couleurs obſervent entr'elles dans ce rayon, varier ſuivant le degré de rareté de l'air. Tous les calculs que ce phyſicien fonde ſur ces deux principes, pour déterminer l'épaiſſeur de la lame d'eau qui forme ces véſicules, ſont donc abſolument incertains & arbitraires.

Il eſt difficile de les meſurer.

§. 231. J'ai ſouvent eſſayé de meſurer le diametre de ces véſicules dans des airs inégalement denſes, pour ſavoir ſi le fluide élaſtique dont on les ſuppoſe remplies les dilate en raiſon de la diminution de la preſſion de l'air qui les entoure; mais leur apparition & leur diſparition ſont ſi bruſques & ſi promptes dans un air raréfié, & il eſt ſi difficile de les ſaiſir avec une loupe un peu forte, dans un récipient où elles ſont agitées & entraînées par le mouvement de l'air qui en ſort, qu'il m'a été impoſſible de les meſurer exactement; j'ai pourtant cru voir qu'elles étoient plus groſſes lorſque l'air étoit plus rare.

Vapeurs produites par la raréfaction d'un air condenſé.

§. 232. Les mêmes principes qui expliquent la formation de ces vapeurs dans un air que l'on raréfie, rendent auſſi raiſon de leur apparence dans un air condenſé qui retourne à ſon état naturel.

J'ai rapporté §. 209. l'expérience de Mr. Kratzenstein; il condenſe l'air dans un ballon rempli d'humidité, & on ne voit aucune vapeur dans ce ballon ni pendant que l'air ſe condenſe ni pendant qu'il demeure continuellement condenſé; mais ſi l'on ouvre une iſſue par laquelle l'air puiſſe s'échapper, dès qu'il eſt ſorti une certaine quantité d'air, on voit tout-à-coup le ballon ſe remplir de vapeurs véſiculaires.

Ici donc, comme dans le récipient de la pompe; l'air se raréfie ; cette raréfaction favorise la formation d'une vapeur élastique & cette vapeur se change en vapeur vésiculaire. Les détails & les preuves de cette explication sont les mêmes que pour l'expérience que nous venons de voir dans la machine pneumatique. Plus le ballon est rempli d'humidité, plus les vapeurs sont abondantes & promptes à paroître : on peut les reproduire en suspendant pour quelque momens la raréfaction de l'air, &c. &c.

Explication de la baisse du thermometre dans le vuide.

§. 233. Je terminerai ce Chapitre par quelques considérations sur une expérience que l'on a tenté d'expliquer par l'évaporation dans le vuide. J'ai dit, §. 135, qu'un thermometre renfermé dans un récipient rempli d'air descendit de 16 degrés 6 dixiemes à 15 degrés $\frac{1}{4}$, pendant que je pompois l'air de ce récipient, & que Mr. Cullen avoit le premier fait cette observation.

« Un thermometre suspendu, dit ce savant physicien, dans „ le récipient d'une pompe pneumatique, descend toujours de „ deux ou trois degrés, (de Farenheit) lorsque l'on épuise „ l'air. Quelque tems après le thermometre dans le vuide re- „ vient à la température de l'air de la chambre; & lorsqu'on „ laisse rentrer l'air dans le récipient, le thermometre monte „ toujours de deux ou trois degrés au-dessus de l'air extérieur. „ *Essais de la Société d'Edimbourg, Tome II, p.* 153.

L'Auteur de cette expérience la rapporte conjointement avec plusieurs autres qui sont destinées à prouver que l'évaporation est plus grande & produit un plus grand froid dans le vuide

que dans l'air. Mr. Cullen ſemble donc croire que ce refroidiſſement eſt l'effet de l'évaporation d'une couche inviſible d'eau attachée à la ſurface de la boule du thermometre, ou de celle qui eſt répandue dans l'air ambient.

Le grand géometre Lambert rapporte cette même expérience dans ſa pyrométrie, §. 492; & il ajoute, que l'expérience réuſſit plus ſûrement & donne une différence de chaleur plus grande lorſque l'on pompe l'air avec diligence & que le récipient n'eſt pas trop petit. Quant à la cauſe de ce phénomene, il ſuppoſe, qu'en même tems que l'on pompe l'air d'un récipient, on pompe auſſi les parties de feu qui ſe trouvent dans cet air, & que par conſéquent la denſité du feu dans le récipient diminue dans le même rapport que celle de l'air. Et il fait voir que ſi la diminution de la chaleur n'eſt pas auſſi grande qu'elle devroit l'être d'après ce principe, cela vient de ce que les parois du récipient & la platine de la pompe contiennent auſſi des parties de feu qui s'empreſſent de remplacer celles que l'air entraîne avec lui. C'eſt pourquoi ſi l'air ſe raréfie avec aſſez de lenteur, pour que le feu qui vient du dehors ait le tems de ſuppléer continuellement à celui qui ſort avec l'air, le refroidiſſement du thermometre devient abſolument inſenſible.

Cette explication de Mr. Lambert paroît très-naturelle, conforme aux principes de la bonne phyſique & à ceux en particulier qui nous ont ſervi à expliquer le deſſéchement du cheveu dans un air qui ſe raréfie (§. 141, 142.) Je deſirois cependant une expérience directe, qui décidât ſi l'évaporation ne contribuoit point auſſi à ce refroidiſſement. Pour m'en

aſſurer,

assurer, je plaçai sur la platine de ma pompe un récipient qui renfermoit un thermometre, un Hygrometre & une feuille de tole couverte de sel Alkali fixe nouvellement calciné & encore chaud ; je lutai avec de la cire ce récipient sur la platine & je fermai le robinet de la pompe. Au bout de six jours, lorsque l'Hygrometre fut venu à marquer la sécheresse extrême, j'ouvris le robinet, je pompai l'air avec beaucoup de diligence; le thermometre descendit de 8 à 6, 9, c'est-à-dire, d'un degré & une dixieme de la division de Réaumur, tandis que l'Hygrometre ne fit absolument aucune variation. Or quand je répétai l'expérience sous le même récipient, avec le même Hygrometre, le même thermometre, mais sans tole alkalisée & avec de l'air qui n'étant point desséché faisoit venir l'Hygrometre à 80 degrés, cet Hygrometre, qui n'avoit point fait de variation dans l'air sec en fit ici une de 24 degrés vers la sécheresse, & cependant le thermometre ne fit pas une variation sensiblement plus grande que dans l'air desséché, il ne baissa que de 9, 55 à 8, 4; c'est-à-dire, de 1, 15. Puis donc qu'une humidité de 80 degrés, qui occasionne une évaporation égale à 24 degrés de l'Hygrometre, n'augmente le refroidissement que de 0, 05 ou d'une vingtieme de degré, il faut se ranger à l'avis de l'Académicien de Berlin, & reconnoître, que l'évaporation n'a aucune part ou du moins une part infiniment petite au curieux phénomene observé par le Professeur d'Edimbourg.

CHAPITRE IV.

LE PASSAGE DU FEU D'UN LIEU DANS UN AUTRE EST-IL UNE DES CAUSES DE L'ÉVAPORATION?

Introduction.

§. 234. DANS toute la théorie que je viens d'expofer fur la formation des vapeurs, je n'ai point mis au rang des caufes de l'évaporation le paffage du feu d'un lieu dans un autre. Divers phyficiens & même du premier mérite ont pourtant regardé ce paffage comme un des principaux moyens que la nature emploie pour volatilifer les corps ou pour les réduire en vapeurs. Mais j'ofe efpérer que fi ces mêmes phyficiens veulent examiner attentivement avec moi les faits fur lefquels on a fondé cette opinion, ils reconnoîtront qu'elle n'avoit point été fuffifamment approfondie.

Premier fait qui a donné lieu à cette queftion.

§. 235. LORSQUE le foleil fe couche après avoir fortement réchauffé l'air & la terre, cet air par fa rareté & fa mobilité perd fa chaleur avant que le fol fur lequel il repofe ait perdu la fienne; alors, comme le feu tend toujours à l'équilibre, il paffe de la terre dans l'air; en même tems il s'éleve de la terre une quantité de vapeurs, qui forment la rofée afcendante, & qui même fouvent fe condenfent à nos yeux fous la forme de brouillards.

VOILA donc, dit-on, des vapeurs qu'entraîne le feu lorfqu'il paffe de la terre chaude dans l'air froid.

Mais peut-on croire que les vapeurs qui forment cette rosée & ces brouillards ne s'élevoient pas également de la terre lorsque le soleil réchauffoit encore l'air qui l'entoure ? N'est-il pas évident au contraire, que le refroidissement de l'air, bien loin d'augmenter l'évaporation, l'a considérablement réprimée & n'en voit-on pas la preuve dans cette même rosée qui lorsqu'elle est abondante, s'attache non seulement aux plantes, mais à la surface même de la terre ? N'est-ce pas une chose indubitable qu'un toile humide appliquée sur la surface de la terre, se desséchera beaucoup plus promptement au milieu du jour, lorsque la terre & l'air sont également réchauffés, qu'après le coucher du soleil ? Examen de ce fait.

Comment donc le refroidissement de l'air fait-il paroître tant d'humidité ? C'est qu'il rend visibles, & pour ainsi dire, palpables les vapeurs que l'air renfermoit. Lorsque la chaleur les maintenoit sous la forme d'un fluide élastique elles étoient transparentes comme l'air, & n'affectoient point nos organes différemment de l'air lui-même : mais condensées par le froid, elles impriment à nos corps la sensation de l'humidité, & se montrent à nos yeux sous la forme de vésicules grossieres, qui troublent la transparence de l'air. Son explication.

C'est ainsi que l'haleine des animaux est invisible lorsque l'air est chaud ou sec, parce que l'humidité qu'elle entraîne est sur le champ convertie en une vapeur élastique & transparente ; au lieu que quand l'air froid & humide n'a pas la force de la dissoudre, elle se condense en vapeur vésiculaire & forme un véritable brouillard.

Enfin s'il étoit vrai que les vapeurs fuſſent formées par le feu, lorſqu'il les entraîne avec lui en paſſant d'un corps chaud dans un corps froid, il s'enſuivroit de là cette conſéquence abſurde, c'eſt qu'à l'iſſue de l'hyver, lorſque la terre eſt froide & humide, s'il vient à ſouffler un vent chaud, ce vent bien loin de deſſécher la terre devroit augmenter ſon humidité: car alors le feu feroit en plus grande quantité dans l'air que dans la terre; il paſſeroit donc de l'air dans la terre & il entraîneroit avec lui vers la terre les particules d'eau qu'il tiendroit en diſſolution.

Et s'il arrive en effet, qu'un air chaud dépoſe de l'humidité à la ſurface d'un corps froid, cela vient, comme l'a fort bien démontré Mr. le Roi, de ce que le contact de ce corps froid prive l'air de la chaleur néceſſaire pour tenir en diſſolution l'eau dont il eſt chargé. (*a*) §. 198.

Il eſt donc permis de conclure, que le refroidiſſement de l'air peut bien augmenter l'humidité apparente en condenſant les vapeurs; mais que la quantité réelle de l'évaporation eſt toujours plus grande lorſque l'air eſt plus chaud, quelle que ſoit d'ailleurs la chaleur de la terre; car, je le répete, la chaleur de l'air favoriſe la formation de la vapeur élaſtique & donne à ce même air la force néceſſaire pour abſorber & diſſoudre cette vapeur. La rupture de l'équilibre entre la chaleur de l'air & celle de la terre ne contribue donc nullement à l'évaporation.

(*a*) C'est auſſi la raiſon des nuages qui entourent les Isles de glace que l'on voit flotter ſur les mers circonpolaires, & de cette eſpece de fumée que l'on obſerve quelquefois en été autour d'un morceau de glace.

§ 236. De même si l'on met du feu sous une chaudiere pleine d'eau, l'évaporation ne sera pas produite par les particules du feu qui après avoir traversé l'eau entraîneront avec elles les parties les plus voisines de la surface ; car si l'orifice de la chaudiere entroit dans une fournaise aussi ardente que le feu qu'on a mis sous le fond de cette chaudiere, & que l'air se renouvellât avec liberté dans cette fournaise, l'évaporation seroit sans contredit bien plus grande que si cet orifice entroit dans une glaciere ; & pourtant dans le premier cas le feu ne tendroit point à sortir de l'eau, au lieu que dans le second il en sortiroit en grande abondance.

Second fait analogue au premier.

§ 237. On m'objectera sans doute, que dans des vases clos, pour accélérer la distillation, on fait usage de réfrigérens, afin que le feu passant d'une cucurbite réchauffée dans un chapiteau refroidi entraîne avec lui toutes les parties volatiles du corps renfermé dans la cucurbite.

Objection tirée de la distillation.

Mais les distillateurs en grand répondront pour moi, que la pratique n'est point d'accord avec ce principe, puisque c'est un fait, que si l'on tient le chapiteau trop froid la distillation ne se fait qu'avec une lenteur extrême ; & que si dans le moment où un alambic distille à fil, on remplit tout à coup son réfrigérent d'une eau très-froide, la distillation s'arrête sur le champ, pour ne recommencer qu'à mesure que le Chapiteau se réchauffe. La raison en est fort simple ; si le chapiteau est très-froid, l'air qu'il contient est dense, incapable de dissoudre beaucoup de vapeurs, & tant que cet air demeure froid & dense il s'oppose à l'élévation & même à la formation des vapeurs ; au lieu que si le chapiteau est chaud, toute sa capacité

Réponse à cette objection ; théorie de la distillation.

ſe remplit de vapeurs élaſtiques. Cependant pour que la diſtillation ſe faſſe, il faut que ces vapeurs puiſſent ſe condenſer quelque part, ſans quoi elles réſiſteroient tout auſſi bien que l'air à la formation de nouvelles vapeurs. Il faut donc leur donner une iſſue, qu'elles puiſſent ſortir du chapiteau & paſſer librement dans des canaux, dans un ſerpentin, par exemple, qui ſe refroidiſſe graduellement à meſure qu'il s'éloigne du chapiteau, qu'ainſi les vapeurs ſe condenſent graduellement, enſorte que celles qui ſe condenſent cedent leur place à celles qui les ſuivent. Il s'établit ainſi un courant continuel de vapeurs depuis l'intérieur de la cucurbite juſqu'au bec du ſerpentin, & la liqueur qui réſulte de la condenſation de ces vapeurs doit ſortir de ce bec la plus froide poſſible. C'eſt par les alambics conſtruits ſur ces principes que l'on obtient la diſtillation la plus abondante. L'art d'augmenter les produits de la diſtillation ne conſiſte donc point à oppoſer immédiatement le corps le plus froid au liquide le plus chaud, quoique cette méthode fût bien la plus propre à contraindre le feu à entraîner dans ſon paſſage la plus grande quantité de ce liquide; mais cet art conſiſte à former la plus grande combinaiſon poſſible du feu & du corps que l'on veut convertir en vapeurs; à avoir pour cet effet au-deſſus de ce corps un lieu rempli d'un air chaud & rare, & à favoriſer enſuite la condenſation ſucceſſive de la vapeur élaſtique produite par cette combinaiſon.

La théorie donne auſſi une réponſe négative.

§ 238. D'ailleurs cette eſpece d'enlévement méchanique des parties de l'eau par les élémens du feu n'expliqueroit nullement la ſuſpenſion des vapeurs, leur expanſion dans le vuide & tous les autres phénomenes qu'elles préſentent. Ces molécules d'eau retomberoient ſur le champ, à moins qu'elles ne s'uniſſent chymiquement au feu ou à l'air & qu'elles ne for-

massent un mixte proprement dit par leur combinaison avec l'un ou l'autre de ces élémens. Or cette union ne sauroit se faire sans une affinité de l'eau avec le feu ou avec l'air ; & si cette affinité existe, il n'est nul besoin que le feu traverse l'eau pour s'unir avec ces molécules, il suffit qu'il soit en contact avec elles & qu'elles puissent se dégager des liens qui les entravent.

Le feu n'a donc pas besoin de sortir de l'eau pour s'unir avec elle, cette union peut se former à sa surface, même en y entrant, comme cela arrive quand les rayons du soleil pénetrent, réchauffent & convertissent en vapeurs les eaux d'un étang ou d'un lac.

CHAPITRE V.

DE LA QUANTITÉ DE L'ÉVAPORATION.

Conditions desquelles dépend cette quantité.

§. 239. D'APRÈS les principes que nous avons posés, il est évident, que la quantité de l'évaporation de l'eau dépend de la chaleur de cette eau, de la grandeur de la surface qu'elle présente à l'air, de la chaleur de ce même air, comme aussi de sa sécheresse, de son renouvellement & de sa rareté. Mais il ne suffit pas de savoir que ces conditions influent sur l'évaporation, il faudroit encore savoir exactement dans quel rapport & suivant quelles loix chacune d'elles l'augmente.

J'AI tenté dans le précédent Essai de déterminer ces rapports & ces loix relativement à la chaleur de l'air, à sa sécheresse & à sa densité : j'ai fait sentir, §. 150, que pour ce qui concerne le renouvellement de l'air, il faudroit un grand nombre d'expériences difficiles & délicates si l'on vouloit déterminer avec précision son influence sur l'évaporation. J'en dirai autant de la chaleur même de l'eau : le Professeur RICHMAN, ce célebre martyr de l'électricité, a fait une suite d'expériences intéressantes sur la quantité de l'évaporation de l'eau suivant qu'elle est plus chaude ou plus froide que l'air environnant. (*Novi Comment. Petrop. T. I. p.* 198. & *T. II. p.* 145.) Mais comme il n'a eu égard dans ces recherches qu'à la chaleur & à la densité de l'air, sans donner aux autres conditions

essentielles,

essentielles, telle que sa sécheresse & son renouvellement, l'attention qu'elles méritoient, il ne paroît pas que l'on puisse compter sur la généralité & la certitude des résultats qu'il a trouvés.

§. 240. Il n'en est pas de même de la question des surfaces, elle a été bien discutée & nous avons des données suffisantes pour la résoudre. On peut à ce que je crois prouver, que quelle que soit la forme & la grandeur des vases qui contiennent de l'eau, si la chaleur & toutes les autres conditions sont absolument les mêmes pour tous, la quantité de l'évaporation, au moins d'une évaporation lente & tranquille, sera dans chacun de ces vases en raison de la grandeur de la surface que l'eau qu'il contient présente à l'air libre.

Théoreme général.

§. 241. D'abord il est évident, que deux vases parfaitement égaux & semblables, qui seront entiérement remplis d'eau pure & dont la chaleur & la situation seront absolument les mêmes, doivent subir en tems égaux des évaporations parfaitement égales.

Preuves tirées de la théorie. Vases égaux en tout.

§. 242. Ensuite il n'est pas moins certain, d'après les principes que nous avons posés, que des vases pleins d'eau pure & dont les orifices seront égaux & semblables, mais dont les hauteurs & les formes seront différentes doivent aussi, lorsque leur chaleur & leur situation seront absolument les mêmes, subir des quantités égales d'évaporation. Car, excepté le cas de l'ébullition que nous ne considérons point ici, l'eau ne se réduit en vapeurs qu'à sa surface & dans les points où cette surface est en contact avec l'air: en effet, s'il se formoit dans l'inté-

Vases d'orifices égaux mais de hauteurs inégales.

rieur de l'eau des vapeurs élaſtiques ou véſiculaires, ces vapeurs produiroient dans l'eau une eſpece d'ébullition ou troubleroient du moins ſa tranſparence : or l'eau qui s'évapore par la ſeule chaleur de l'air qui l'entoure demeure parfaitement tranquille & tranſparente. Par conſéquent, la quantité d'eau qui eſt au-deſſous de la ſurface, ou ce qui revient au même, la profondeur du vaſe au-deſſous de ſon orifice n'influe nullement ſur la quantité de ſon évaporation.

Vaſes inégaux en tout.

§. 243. Enfin par la même raiſon, la quantité de l'évaporation dans des vaſes pleins dont les orifices ſont inégaux doit être proportionnelle à la grandeur de ces orifices, quelle que ſoit d'ailleurs la forme & la hauteur de ces vaſes; pourvu que la chaleur & toutes les autres conditions ſoient les mêmes pour tous.

Il faut cependant reſtreindre cette aſſertion à des vaſes dont les différences ne ſont pas infiniment grandes ; car une ſurface d'eau d'un pied pied quarré ſouffriroit une plus grande évaporation au milieu d'une plaine découverte & aride, qu'au milieu d'un grand lac, lors même que la chaleur, l'état du ciel, les vents & les autres circonſtances extérieures ſeroient en apparence les mêmes. La raiſon en eſt évidente; cette petite ſurface ſeroit entourée par un air beaucoup plus ſec au milieu de la plaine aride qu'au milieu du lac, & ſouffriroit par conſéquent une plus grande évaporation dans cette plaine. On s'eſt donc un peu trop preſſé, lorſqu'on a voulu juger de la quantité d'eau que l'évaporation enleve de la ſurface de la mer, par la quantité d'évaporation que ſouffre un vaſe iſolé au milieu d'un jardin; il faudroit, pour avoir un terme de compa-

raison juste, faire cette expérience dans un vase flottant sur la surface même de la mer, & dont l'eau seroit à-peu-près au même niveau.

Mais si les orifices des vases que l'on compare entr'eux, ne different que de quelques pouces ou même de quelques pieds, le produit de l'évaporation sera toujours sensiblement proportionnel à la surface de ces orifices. En effet, l'air libre dans lequel nous supposons ces vases, se renouvelle avec tant de facilité & de promptitude, que la petite différence qu'il peut y avoir relativement à l'humidité entre l'air qui repose sur le grand & celui qui repose sur le petit, ne sauroit produire des effets sensibles.

§. 244. Mais voyons si l'expérience est en cela d'accord avec la théorie.

Expérience de Muschembroëk qui paroît contraire à la théorie.

Muschembroek rapporte dans ses additions aux Mémoires de l'Académie *del Cimento* T. II. p. 62. une expérience qui sembleroit prouver le contraire. Il fit faire deux vases de plomb ouverts par en haut de forme parallélépipéde quarrée de six pouces de largeur, & qui ne différoient entr'eux, qu'en ce que l'un avoit 12 pouces de hauteur, & l'autre 6: il remplit d'eau ces deux vases & les exposa en plein air au milieu d'un jardin à 3 pieds au-dessus du sol; il nota chaque jour la déperdition que chacun de ces vases souffroit par l'évaporation, & il trouva cette déperdition toujours plus grande dans le vase le plus profond. Le résultat de cette expérience continuée pendant plusieurs mois fut, que les quantités d'évaporation étoient entr'elles, à-peu-près comme les racines cubiques des

hauteurs de l'eau dans les deux vaſes; en ſorte que l'évaporation dans un vaſe de huit pouces auroit été double de celle qu'auroit ſoufferte un vaſe qui n'auroit eu qu'un pouce de hauteur, quoique leurs orifices & toutes leurs autres déterminations euſſent été exactement les mêmes.

MAIS le même Phyſicien ajoute, que quand il répéta cette expérience dans l'intérieur de ſon cabinet, il ne put obſerver aucune différence notable entre les quantités qui s'évaporoient dans ces différens vaſes.

Expérience & explication de Richman.

§. 245. RICHMAN a trouvé, comme MUSCHEMBROEK, l'évaporation plus grande dans les vaſes les plus profonds: mais voici la raiſon qu'il en donne; il ſuppoſe que l'évaporation dépend en grande partie de la différence de température entre l'eau & l'air, & que cette différence eſt plus grande & plus durable dans les plus grands vaſes, parce qu'ils ſont plus lents à ſuivre les variations de l'atmoſphere, (*Novi Comment. Petropol. T. II. p.* 134. *ſeqq.*) Ce principe fait comprendre, pourquoi les vaſes de MUSCHEMBROEK ne donnerent point dans ſon cabinet la même différence que dans le jardin; ſans doute la température de ce cabinet n'éprouvoit que des variations très-petites & très-lentes.

N. Wallérius confirme cette explication.

§. 246. MAIS un Phyſicien Suédois, N. WALLÉRIUS a confirmé par des expériences directes cette explication de RICHMAN; car il a éprouvé, que des vaſes dont les orifices étoient égaux, mais les hauteurs inégales. donnoient même en plein air, des quantités égales d'évaporation, lorſqu'il les maintenoit tous conſtamment dans la même température, en les tenant

enfoncés dans de l'argille jusques à leur orifice. *Mém. de l'Acad. de Suede pour l'année* 1746.

§. 247. Enfin le célebre Lambert, ce philosophe aussi bon observateur que grand mathématicien, rapporte dans son Mémoire sur l'Hygrométrie, (*Acad. de Berlin* 1769.) un grand nombre d'expériences continuées pendant plusieurs mois, à divers degrés de chaleur, dans des expositions différentes, dans des vases très-inégaux & en hauteur & en diametre; & il résulte de ces expériences, que, toutes choses d'ailleurs égales, la quantité de l'évaporation est toujours proportionnelle à la grandeur de la surface du liquide qui est en contact immédiat avec l'air extérieur: il n'a trouvé d'autre exception à cette loi, que quelques petites anomalies qui ont paru dépendre de la plus ou moins grande promptitude avec laquelle des vases inégaux en masse suivent les variations de température de l'air qui les entoure.

Expériences de Lambert conformes à la théorie.

Je crois cependant que c'est avec raison que le Pere Cotte se plaint dans le Journal de physique du mois d'Octobre 1781, de ce que tous les météorologistes ne se servent pas de vases égaux pour mesurer la quantité de l'évaporation. Il résulte du moins de ses expériences, qu'il y a réellement de très-grandes différences entre les quantités de vapeurs qu'exhalent des vases de forme cubique & de grandeurs différentes. Ces différences ne paroissent point suivre le rapport des surfaces, sans doute par la raison qu'ont alléguée Wallérius & Richman modifiée peut-être encore par quelques particularités du lieu dans lequel sont situés les vases du Pere Cotte.

Mesure de l'évaporation relativement à la météorologie.

§. 248. Mais si c'est relativement à la météorologie que l'on s'occupe de la quantité de l'évaporation, il faut observer que l'on peut se proposer deux buts différens & qui exigent aussi des appareils totalement différens. Car on peut se proposer pour but, ou de connoître la quantité absolue des vapeurs qui s'élevent en différentes saisons & en différentes années des étangs, des lacs, de la mer, & en général des eaux stagnantes à la surface de la terre; ou de connoître par la quantité de l'évaporation dans un moment donné, la force dissolvante de l'air dans ce même moment, & d'obtenir par-là une espece d'Hygrometre du genre de ceux que j'ai placés dans la seconde classe §. 50.

Atmidometre pour la quantité de l'évaporation annuelle.

§. 249. Dans le premier cas, lorsque l'on veut connoître la quantité de l'évaporation des eaux stagnantes, il convient que le vase plein d'eau qui sert à mesurer l'évaporation (*) soit, autant qu'il est possible, dans la même situation que les eaux auxquelles on le compare. Il faudroit donc à la rigueur, comme je l'ai dit plus haut, §. 243, que ce vase flottât sur l'eau & y fût enfoncé jusques à la hauteur de celle qu'il renferme; mais au moins faut-il qu'il soit enfoncé dans la terre jusques au niveau de l'eau qu'il contient, & qu'il soit comme les eaux des lacs & de la mer, exposé au soleil, aux vents & à toutes les injures & les vicissitudes de l'air extérieur. Il faut enfin avoir un udometre placé auprès de ce même vase & tenir compte de la quantité d'eau qu'il reçoit du ciel, afin d'ajou-

(*) On a donné aux vases destinés à cet usage le nom d'*Atmometre* ou d'*Atmidometre* du grec ἀτμὸς, ἀτμȣ̃ ou ἀτμὶς, ἀτμίδος *vapeur.*

ter cette quantité à la somme de celle qui se dissipe par l'évaporation.

Richman conseilloit & avec raison de faire communiquer le vase qui sert d'atmometre, avec un autre vaisseau d'une capacité plus grande fermé par-dessus & rempli d'eau, afin que l'évaporation ne diminuât pas trop sensiblement la hauteur de l'eau dans l'atmometre, & que les pluies ne l'augmentassent pas non plus excessivement. *Antiqui Comm. Petropol. T. XIV. p.* 273. *seqq.*

§. 250. Mais lorsque l'on se propose de connoître la quantité momentanée de l'évaporation, il faut un vase petit & léger, qui présente à l'air une grande surface & qui soit suspendu à une balance très-juste & très-mobile, afin que l'on puisse saisir les plus petites variations dans le poids de la liqueur. On pourra exposer cet instrument à l'action des vents & à celle du Soleil pour étudier leur influence sur l'évaporation; mais pour les observations journalieres, il conviendra mieux de le placer dans un lieu couvert accessible à l'air extérieur & pourtant à l'abri de l'action immédiate de ces causes trop puissantes & trop variables. Si l'on veut enfin rendre ces instrumens comparables pour en tirer des inductions sur la force relative de l'évaporation en différens tems & en différens lieux, il faut que les vases dont on se servira soient exactement de la même forme, de la même matiere, qu'ils contiennent la même quantité d'une eau également pure & que leur position soit la même autant qu'il sera possible. Richman avoit décrit un instrument de ce genre dans les *Novi-Comment. Pe-*

Autre atmidometre pour l'évaporation momentanée.

trop. T. II p. 121 *ſeqq.* mais le célebre phyſicien & anatomiſte M. le profeſſeur Moscati a donné dans une petite lettre imprimée à Milan qu'il m'a fait l'honneur de m'adreſſer, la deſcription & le deſſin d'un atmidometre de cette eſpece très-ingénieuſement imaginé, & tout à la fois plus exact & plus commode.

CHAPITRE

CHAPITRE VI.

DE L'E'VAPORATION DE LA GLACE.

§. 251. C'Est un fait connu de tout le monde, que la glace est sujete à l'évaporation. On voit par un tems continuellement sec & froid diminuer peu à peu & disparoître enfin les glaçons qui s'étoient formés dans les ornieres des grands chemins. La neige, qui n'est autre chose qu'un amas de petites aiguilles de glace, diminue aussi très-rapidement, même par un tems froid & calme, pendant lequel sa diminution ne peut être attribuée ni au dégel ni aux vents. La glace est sujete à l'évaporation.

Enfin l'expérience que j'ai raportée à la fin du Chap. V. du précédent essai met la chose absolument hors de doute; puisque l'on voit la glace renfermée dans un vase clos & dans un air plus froid que la congélation, perdre de son poids & se convertir en un fluide élastique, qui fait monter le manometre, & qui affecte l'Hygrometre en se mêlant avec l'air.

§. 252. Cependant les détails de cette même expérience & toutes celles qui m'ont servi à déterminer l'influence du chaud & du froid sur la force dissolvante de l'air, prouvent qu'au-dessous du terme de la congélation, tout comme au-dessus, plus l'air est froid, plus il est promptement saturé par les vapeurs, soit de l'eau, soit de la glace, qui ne sont qu'une seule & même chose: d'où il suit, que l'évaporation de la glace, de même que celle de l'eau, doit être, toutes choses Mais le froid diminue cette évaporation.

d'ailleurs égales, d'autant moins grande que le froid eſt plus grand.

Aſſertions contraires de M. Gauteron.

§. 253. On lit pourtant dans les mémoires de l'Académie des ſciences pour l'année 1708. p. 451 & ſuivantes, que M. Gauteron a fait à Montpellier des expériences dont il conclut " que les liquides perdent plus de leurs parties pendant la plus forte gelée, que pendant que l'air eſt dans l'état que l'on appelle tempéré. " On lit de plus dans ce mémoire, qu'une once d'eau convertie en glace dans un verre de deux pouces de diametre a ſouffert en 24 heures une diminution de 100 grains par l'évaporation; & qu'enfin " le grand froid & les vents ont toujours produit une évaporation plus grande que le moindre froid & le tems calme. "

Examen de l'une de ces aſſertions.

§. 254. Mais de deux choſes l'une, ou Mr. Gauteron a exagéré les réſultats de ſes expériences, ou la biſe qui porta ce grand froid à Montpellier étoit d'une ſéchereſſe extrême & favoriſoit l'évaporation d'une maniere tout-à-fait extraordinaire.

Car Krafft a obſervé, qu'un pouce cube de glace du poids de 293 grains $\frac{1}{2}$ n'a perdu en 28 jours par l'évaporation que 115 grains $\frac{1}{2}$ ce qui ne fait qu'environ 4 grains en 24 heures (*Krafftius de vaporum origine* §. 17.) Et ce qui eſt plus encore, Muschembroek, ce Phyſicien ſi recommandable par ſon exactitude, dit que le 11 Janvier 1729 il expoſa à un froid très-rigoureux un cube de glace du poids de 4 onces, qui ne perdit non plus que 4 grains en 24 heures. *Tentamina Acad. del Cimento*, *T. II. p.* 180.

§. 255. J'ÉLEVERAI le même doute, sur l'autre assertion de Mr. GAUTERON; il paroît croire que l'intensité du froid augmente l'évaporation de la glace. Or il faut observer qu'il confond ici l'effet du froid avec celui du vent; effets totalement disparates & même contraires, puisque le vent augmente l'évaporation & l'augmente d'autant plus qu'il est plus sec & plus violent; tandis que le froid la diminue en raison de son intensité.

L'autre ne paroît pas mieux fondée.

ET si quelqu'un pouvoit douter que le froid ne réprime non seulement l'évaporation de l'eau, mais aussi celle de la glace, j'alléguerois l'autorité de MUSCHEMBROEK qui dit expressément, (*Introd. ad Philos. natur.* T. II. p. 597.) que l'évaporation de la glace diminue, à mesure que le froid devient plus rigoureux. Je m'appuierois encore des expériences de Mr. BARON. Ce Physicien, dans un mémoire que j'ai déja cité, §. 130, & qui paroît presqu'entiérement destiné à relever les inexactitudes & les exagérations de Mr. GAUTERON, prouve, que toutes choses d'ailleurs égales, l'évaporation de la glace diminue à mesure que le froid augmente. *Acad. des Sciences* 1753.

§. 256. MAIS personne, que je sache, n'a fait sur ce sujet des recherches plus suivies & plus exactes que Mr. N. WALLÉRIUS. Il résulte à la vérité de ses expériences, que l'eau, pendant qu'elle se convertit en glace, perd plus par l'évaporation que quand elle étoit encore liquide, & que ce surcroît d'évaporation est d'autant plus grand, que le froid est plus âpre & la congélation plus rapide. Mais cette exception à la regle générale n'est, pour ainsi dire, qu'instantanée; car dès que l'eau est complétement gelée, la glace produite par cette

Expériences très-exactes de N. Wallérius.

congélation, rentre sous la regle, & le froid, à mesure qu'il augmente, diminue son évaporation. *Mém. de l'Acad. de Suede* 1746.

Muschembroek a fait aussi la même observation : " l'évaporation de la glace est, dit-il la plus grande dans le moment où elle commence à se former, & elle diminue lorsqu'elle est entiérement formée. "

Il est donc permis de conclure, qu'excepté le moment de la congélation, où l'air en sortant de l'eau entraîne avec lui quelques unes de ses molécules, la glace dans son évaporation est soumise aux mêmes loix que l'eau dont elle a été formée.

CHAPITRE VII.

DE L'E'VAPORATION DE L'EAU ME'LANGE'E D'AUTRES SUBSTANCES.

§. 257. ENTRE les différens corps qui peuvent se dissoudre dans l'eau & altérer sa pureté, il en est qui ont plus d'aptitude qu'elle à se réduire en vapeurs & d'autres qui en ont moins. Or l'état de dissolution de ces corps suppose nécessairement un certain degré d'union ou d'adhérence entre leurs élémens & ceux de l'eau dans laquelle ils sont dissous. Ceux donc qui sont plus volatils que l'eau, comme l'esprit de de vin, les alkali volatils, doivent entraîner avec eux quelques unes de ses molécules & faciliter ainsi son évaporation : au contraire ceux qui sont plus fixes, comme la plupart des sels doivent retenir ces mêmes particules & retarder leur évaporation. Principe général.

JE ne connois point d'expériences directes qui ayent été faites pour mesurer la quantité dont le mélange des matieres volatiles augmente l'évaporation de l'eau ; d'autant que les procédés des différens arts qui traitent les eaux mélangées avec des corps de ce genre, ont pour objet la séparation de ces corps & non point la quantité d'eau qu'ils laissent en arriere.

Expériences singulieres de N. Wallérius.

§. 258. Mais on a fait des recherches sur les obstacles que les sels fixes apportent à l'évaporation de l'eau. Mr. N. Wallérius, ce physicien Suédois que j'ai déja souvent cité avec éloge, a obtenu des résultats fort singuliers. Il a trouvé que certains sels fixes, tels que le sel marin & le salpêtre retardent l'évaporation de l'eau pendant les premieres 24 ou 48 heures qui suivent leur mélange avec elle, & qu'ensuite l'évaporation continue sur le même pied que celle de l'eau pure. Il attribue avec assez de vraisemblance ce retardement dans l'évaporation au froid que produisent ces sels par leur dissolution dans l'eau. Cependant le vitriol verd, le vitriol bleu & l'alun augmentent l'évaporation pendant les premiers tems, quoiqu'ils produisent aussi un refrodissement de deux ou trois degrés. Le sucre qui refroidit l'eau d'un degré & demi ne produit qu'un changement insensible, qui tend à retarder plutôt qu'à accélérer l'évaporation. Enfin la chaux éteinte augmente considérablement l'évaporation, même le huitieme jour après son mélange avec l'eau. *Mém. de l'Acad. de Suede* 1746.

Recherches à faire sur ce sujet.

§. 259. Que conclure de toutes ces anomalies? C'est que quoique les loix générales de l'évaporation paroissent assez bien établies, il reste cependant encore un grand nombre de recherches à faire pour rendre raison de tous les détails; & qu'il est vraisemblable que ces recherches conduiroient à des résultats curieux & intéressans.

Mais si quelque physicien veut s'occuper de ces recherches, & nous donner sur les sujets traités dans ce chapitre & dans les deux précédens des lumieres plus sûres que celles que nous

avons, on ne sauroit trop lui recommander, d'observer toujours avec le plus grand soin le degré de l'humidité de l'air dans lequel se fera l'évaporation, & de mesurer avec autant d'exactitude qu'il sera possible & le volume & la rapidité du renouvellement de cet air.

Les sels fixes retardent l'évaporation.

§. 260. Je crois cependant que l'on en sait assez pour pouvoir décider que M. Wallérius s'est trompé, s'il a cru pouvoir conclure de ses expériences que l'évaporation des eaux chargées de sels fixes, de sel marin, par exemple, marchoit d'un pas égal avec celle de l'eau pure. Car c'est un fait connu de tous les Chymistes, que quand on veut concentrer une solution d'un sel fixe quelconque, l'évaporation se ralentit en raison de la concentration, & que les dernieres portions d'eau ne peuvent être expulsées que par un feu très-actif & long-tems continué.

Haller l'a prouvé par des expériences directes.

§. 261. On a même sur la plus ou moins grande évaporation des eaux plus ou moins chargées de sel marin, un beau travail du célebre Haller. Ce grand Homme qui a toujours consacré ses connoissances & son génie à des études utiles à l'humanité, essaya de retirer par l'évaporation spontanée des eaux salées de Bevieux en Suisse, le sel que l'on en retire à grands fraix par la graduation & l'ébullition. Il fit pour cet effet construire en plein air des réservoirs très-étendus & peu profonds, il les fit remplir d'eau salée, & à mesure que cette eau se concentroit par l'évaporation, il la faisoit passer dans des réservoirs successivement plus petits, jusqu'à ce qu'enfin la chaleur du soleil fît crystalliser le sel gemme qu'elle tenoit

en diſſolution. Ces opérations lui donnerent la facilité de meſurer exactement la quantité de l'évaporation relativement au degré de ſalure de l'eau, & lui firent voir, conformément à la théorie, que l'évaporation diminuoit en raiſon de la ſalure. Il rendit compte de tous les détails de ces obſervations intéreſſantes dans un mémoire qui a été inſéré dans ceux de l'Académie des Sciences pour l'année 1764.

CHAPITRE VIII.

RE'SUME' GE'NE'RAL DE CETTE THE'ORIE.

§. 262. TERMINONS cet Essai par un exposé succinct des principes qui nous ont servi à expliquer la formation des vapeurs. Introduction.

L'ÉVAPORATION proprement dite, est le résultat ou plutôt l'effet de l'union intime du feu élémentaire avec l'eau. Par cette union l'eau & le feu réunis se changent en un fluide élastique plus rare que l'air & qui mérite éminemment le nom de *vapeur*. Vapeur proprement dite.

§. 263. CETTE vapeur, lorsqu'elle se forme dans le vuide, ou que son abondance & sa chaleur soutenue lui donnent la force d'expulser l'air qui la comprime, se nomme *vapeur élastique pure*, §. 183 -- 188. Vapeur élastique pure.

§. 264. MAIS lorsque cette même vapeur ne peut pas surmonter entiérement la force compressive de l'air, elle le pénetre, se mêle avec lui, subit une vraie dissolution & prend le nom de *vapeur élastique dissoute*, §. 189 -- 192. Vapeur élastique dissoute.

§. 265. LORSQU'ENSUITE l'air saturé laisse précipiter l'eau qu'il contient, cette eau prend quelquefois la forme de vésicules ou de petites bulles: ces vésicules remplies & enveloppées d'un fluide rare & léger se soutiennent dans l'air & s'élevent même quelquefois par une légéreté spécifique plus grande Vapeur vésiculaire.

que la ſienne. Ce ſont donc des corps étrangers à l'air & d'une nature abſolument différente du fluide élaſtique auquel nous venons de donner le nom de *vapeur*. Cependant pour me conformer à l'uſage, je les ai rangés dans la claſſe des vapeurs, & je les ai diſtingués par le nom de *vapeur véſiculaire*, §. 201 & ſuivans.

Vapeur concrete.

§. 266. Enfin lorſque la vapeur élaſtique ou les véſicules elles-mêmes ſe condenſent en gouttelettes pleines, qui ne different des gouttes de pluie que par leur extrême petiteſſe, ce ſont encore des corps bien différens de la vapeur proprement dite. Cependant comme ces corps flottent dans l'air & peuvent même y être ſoutenus pendant quelque tems par ſon agitation & ſa viſcoſité, je les claſſe auſſi parmi les vapeurs & je leur donne le nom de *vapeur concrete*.

Généraliſation de cette théorie.

§. 267. Je crois qu'il n'y a aucune vapeur ou exhalaiſon de corps ſoit fluides, ſoit ſolides qui ne vienne ſe ranger ſous l'une de ces quatre eſpeces & dont la formation ne puiſſe & ne doive s'expliquer par les mêmes principes. Seulement faut-il obſerver que ſouvent l'impulſion méchanique de l'air extérieur, ou celle des fluides élaſtiques qui ſe dégagent de l'intérieur des corps, ou enfin les vapeurs élaſtiques mêmes, entraînent dans l'air des molécules de différens corps, qui par eux-mêmes n'étoient point ſuſceptibles d'évaporation.

QUATRIEME ESSAI.

APPLICATION

DES THEORIES PRECEDENTES

A QUELQUES PHÉNOMENES

DE LA MÉTÉOROLOGIE.

INTRODUCTION.

JE n'entreprends point de donner ici un traité complet de Météorologie ; cette ſcience offre un grand nombre de phénomenes ſur leſquels nous n'avons point aſſez de données, & je ne veux pas non plus retracer des choſes déja ſuffiſamment connues & expliquées : mon unique but eſt d'analyſer un petit nombre de phénomenes, auxquels les théories précédentes m'ont ſemblé pouvoir heureuſement s'appliquer.

CHAPITRE I.

DE LA DISTRIBUTION DES VAPEURS DANS L'ATMOSPHERE.

La théorie eſt ici notre unique guide.

§. 268. ON ne connoît encore à ce que je crois, aucune ſuite d'obſervations directes, qui puiſſe nous donner quelques lumieres ſur la quantité des vapeurs contenues dans notre atmoſphere à différentes hauteurs. Car avant que je portaſſe l'hygrometre à cheveu ſur les Alpes, on n'y avoit encore porté aucun hygrometre comparable & aſſez ſenſible pour pouvoir ſe mettre parfaitement en équilibre avec l'air pendant le court ſéjour que l'on fait ordinairement dans ces hautes ſolitudes.

Et lors même qu'on en auroit porté, comme on ne connoiſſoit, ni la quantité abſolue de l'eau qu'indiquent les différens degrés de ces hygrometres, ni l'influence du froid & de la chaleur ſur la force diſſolvante de l'air, ces expériences n'auroient donné que des lumieres bien incertaines.

Nous ne pouvons donc avoir ici d'autre guide que la théorie aidée de quelques faits généraux; mais je crois cette théorie aſſez ſolide & aſſez étendue pour nous conduire à des réſultats ſatisfaiſans; & mes obſervations hygrométiques ſur les Alpes, dont je donnerai le précis dans le dernier chapitre de cet eſſai, pourront ſervir à vérifier quelques uns de ces réſultats.

§. 269. EXAMINONS d'abord le cas le plus ſimple. Suppoſons que la maſſe entiere de l'air, depuis ſes couches les plus baſſes juſqu'à ſes régions les plus élevées ſoit parfaitement ſeche : qu'au contraire la terre, que je conſidere ici comme une immenſe plaine, ſoit abreuvée d'humidité. Au lever du ſoleil, les premiers rayons de cet aſtre qui viendront frapper la ſurface de la terre convertiront en vapeur élaſtique une partie de l'eau dont elle eſt pénétrée, & l'air qui repoſe ſur elle diſſoudra avidement cette vapeur. En même tems cet air dilaté par la chaleur & augmenté par la vapeur qui ſe mêle avec lui, occupera un beaucoup plus grand eſpace ; il s'étendra ſurtout du côté du couchant, où le mouvement progreſſif du ſoleil le détermine, & où l'air qui n'eſt pas encore réchauffé ne lui réſiſte pas avec force. De là naîtra, pour les païs ſitués à l'occident, ce vent d'orient qui précede ordinairement le lever du ſoleil. En même tems, ce même air raréfié par la chaleur & allégé par le mélange de la vapeur qui eſt plus rare que lui, tendra auſſi à s'élever ; il entraînera avec lui les vapeurs à meſure qu'elles ſortiront de la terre, & il les diſtribuera dans des couches plus élevées. Mais il doit être remplacé à meſure qu'il s'éleve, & il doit l'être par l'air le plus froid parce que cet air eſt en même tems le plus denſe. Il le ſera donc par celui du nord : car ceux du midi & de l'orient ſont plus chauds, & le courant déja déterminé du côté du couchant empêche que celui-ci ne rebrouſſe en arriere. Ainſi à meſure que le ſoleil s'élevera au-deſſus de cette vaſte plaine, qu'il réchauffera la terre & l'air qui la couvre, & qu'il remplira cet air de vapeurs, cet air & ces vapeurs monteront dans les régions ſupérieures de l'atmoſphere, & feront continuellement remplacés par un vent de nord. Il s'établira ainſi un courant

Comment les vapeurs ſe diſtribueroient dans un air parfaitement ſec.

perpétuel, qui empêchera la ſtagnation des vapeurs & favoriſera leur diſperſion dans l'air. C'eſt ce vent de nord connu des phyſiciens ſous le nom d'*étéſien* & chez nous ſous le nom de *ſéchard*, qui dans les beaux jours de l'été ſe leve réguliérement le matin vers les huit ou neuf heures. Ce vent ſe renforcera à meſure que le ſoleil réchauffant plus fortement la terre en fera ſortir une plus grande quantité de vapeurs, & dilatera davantage & ces vapeurs & l'air qui les reçoit. Mais peu-à-peu le ſoleil venant à décliner, cette aſcenſion ceſſera, le vent de nord s'affoiblira, il y aura une heure ou deux de calme & enfin vers le ſoir le ſoleil dilatant l'air des terres ſur leſquelles il paſſe excitera un vent de couchant. Ce vent s'obſerve auſſi réguliérement en été, après des jours ſereins & lors qu'aucune cauſe locale ne s'oppoſe à ſa formation.

Le courant d'air vertical que produit le ſoleil à meſure qu'il réchauffe les lieux ſur leſquels il paſſe porte la chaleur & les vapeurs dans les régions les plus élevées de l'atmoſphere : les colonnes d'air réchauffées deviennent plus hautes que celles qui les entourent ; elles refluent donc ſur celles-ci principalement du côté du Nord, où l'atmoſphere moins réchauffée eſt auſſi conſtamment moins haute. Il s'établit donc dans le haut de l'atmoſphere un courant du Sud au Nord, qui remplace continuellement celui qui vient par le bas du Nord au Sud; c'eſt ainſi que la ſeule chaleur du ſoleil établit une circulation perpétuelle & ſalutaire dans l'air qui nous environne.

Si l'air étoit parfaitement ſec comme nous l'avons ſuppoſé, un ſeul jour, même de la canicule, ne produiroit point aſſez de vapeurs pour le ſaturer ni même pour l'approcher du terme

de la saturation. Car à mesure que les vapeurs se formeroient, la circulation produite par la chaleur distribueroit ces vapeurs jusques dans les régions les plus hautes de l'air. Il ne se formeroit donc nulle part ni nuages, ni rosée, l'évaporation continueroit même pendant la nuit; le retour du soleil ranimeroit ses forces, & ce ne seroit qu'au bout d'un tems assez considérable que l'air viendroit au terme d'une saturation parfaite.

Accumulation & distribution des vapeurs surabondantes dans un air saturé.

§. 270. Supposons-le dans cet état; qu'un matin avant le lever du soleil l'atmosphere entiere depuis les plus hautes régions jusques à la surface de la terre fût complétement saturée de vapeurs, & que la terre elle-même fût couverte ou du moins imbibée d'eau. Dans ce cas, au moment où le soleil commence à réchauffer la terre, cette chaleur engendre une certaine quantité de vapeurs élastiques, car le feu en produit même dans un air parfaitement rassasié. Mais cet air refuse d'abord de les dissoudre; ces vapeurs se changent donc en vésicules & il se forme ainsi un léger brouillard à la surface de la terre. Cependant l'air se réchauffant à son tour devient capable de dissoudre & ces vésicules & la vapeur élastique qui continue de se former. Ce même air dilaté par la chaleur & par la vapeur élastique commence à s'élever vers le haut de l'atmosphere. Là il rencontre des couches plus froides, car la chaleur que le soleil excite dans l'air diminue à mesure que l'on s'éloigne de la terre. Ces couches, quoiqu'un peu réchauffées n'ont donc pas acquis assez de chaleur pour dissoudre les vapeurs que leur apporte l'air qui s'éleve continuellement après s'être réchauffé dans le voisinage de la terre. Ces vapeurs se condensent donc dans cet air plus élevé & plus froid, & s'y changent ou en gouttes solides qui retombent en pluie,

ou plus fréquemment en vésicules qui forment des nuages. L'épaisseur & la densité de ces nuages augmentent continuellement par l'ascension continuelle des nouvelles vapeurs qui se forment à la surface du sol. Mais enfin ces nuages interceptant la lumiere du soleil aux couches inférieures, celles-ci se refroidissent de proche en proche, leurs vapeurs se condensent, & la masse entiere de l'air ne paroît plus qu'un nuage épais qui traîne jusques à terre ; ou plutôt les vésicules se résolvent en gouttes, & forment une pluie qui rend à la terre toute l'eau que la chaleur du soleil lui avoit enlevée. C'est ce qui arrive toutes les fois que le soleil luit avec force immédiatement après une pluie ; l'air est alors saturé de vapeurs, la terre est imbibée d'eau, on voit cette terre s'échauffer, fumer pour ainsi dire au soleil (*terraque tum fumans humorem tota rehalat.* Lucret. L. VI. v. 522.) En peu d'heures ces fumées ou ces vapeurs se rassemblent, le tems se couvre, & bientôt il recommence à pleuvoir, à moins qu'il ne s'éleve un vent sec qui dissolve les vapeurs ou dissipe les nuages à mesure qu'ils se forment.

Différentes quantités de vapeurs dans les différentes couches d'une colonne d'air saturée.

§. 271. Fixons maintenant nos regards sur l'état d'une colonne d'air saturée d'eau depuis la surface de la terre jusques à sa plus grande hauteur ; & pour que rien ne trouble son état pendant que nous l'observons, supposons qu'elle n'est agitée par aucun vent, ni réchauffée par le soleil ; mais qu'il reste pourtant à chacune de ses couches le degré de chaleur moyenne qui lui est propre en raison de son élévation. Il est clair que les couches inférieures étant tout à la fois plus chaudes & plus denses contiendront la plus grande quantité d'eau. Car nous avons vû que la chaleur & la densité de l'air

augmentent

augmentent sa force dissolvante, ou ce qui revient au même, le rendent capable d'absorber une plus grande quantité de vapeur élastique. Si donc on suppose l'atmosphere divisée du bas en haut en couches également épaisses, on verra que chacune de ces couches contient une quantité d'eau plus grande que la couche qui repose sur elle, quoique l'hygrometre indique dans toutes le même degré, savoir, celui de l'humidité extrême. On pourroit même, si l'on connoissoit la loi suivant laquelle décroit la chaleur à mesure que l'on s'éloigne de la terre, & si l'on pouvoit regarder comme certains les principes que nous avons posés dans le second essai, sur les loix que suit la force dissolvante de l'air lorsque sa chaleur & sa densité varient, on pourroit, dis-je, en déduire la progression suivant laquelle diminue la quantité d'eau à mesure qu'on s'éleve dans des couches également épaisses & également saturées, & l'on pourroit connoître ainsi la quantité totale de l'eau contenue dans une colonne d'air saturé d'un diametre & d'une hauteur quelconque.

§. 272. Mais quelles sont les limites de la hauteur à laquelle parviennent ces vapeurs élastiques?

Il n'y a aucune limite absolue à l'élévation des vapeurs.

Sans-doute ce n'est pas le terme où le froid de l'air surpasse celui de la congélation : car même dans les plus grands froids l'eau & la glace se résolvent en vapeurs élastiques, l'air dissout ces vapeurs, le cheveu les absorbe, & toutes les affinités hygrométriques s'exercent avec la plus grande régularité.

Ce n'eſt pas non plus l'extrême raréfaction de l'air qui limite l'élévation des vapeurs; car nous avons détruit cette fauſſe opinion trop généralement adoptée, que l'air en ſe raréfiant laiſſe tomber l'eau qu'il tenoit en diſſolution; on a même prouvé que l'eau & tous les corps volatils ſe réſolvent en vapeurs élaſtiques plus aiſément dans le vuide que dans l'air, & nous avons fait voir que la ſaturation & tous les phénomenes hygrométriques s'obſervent également dans le vuide.

Nous ne connoiſſons donc aucune limite abſolue & tranchante, qui s'oppoſe à l'élévation des vapeurs. Nous ſavons pourtant que ce fluide élaſtique engendré par l'union de l'eau & du feu eſt, toutes choſes d'ailleurs égales, d'autant moins abondant que la chaleur eſt moindre; qu'ainſi ſa quantité doit continuellement diminuer à meſure que l'on s'éleve à des régions plus élevées & plus froides, & que cette quantité doit être, par conſéquent très-petite à des hauteurs où le froid eſt extrême.

C'eſt le froid des hautes régions de l'air qui retient l'eau ſur notre planete.

§. 273. C'est donc le froid des hautes régions de l'atmoſphere, qui retient & empriſonne ſur notre globe & autour de lui toute l'eau qu'il renferme. Si la nature n'avoit pas employé ce lien pour l'aſſujétir, ſi la même chaleur eût régné à toutes les hauteurs, l'eau changée en vapeur élaſtique dans les hautes régions où l'air eſt extrémement rare, ſe feroit répandue dans le vuide immenſe qui ſépare les corps céleſtes & auroit laiſſé notre terre abſolument aride & déſerte. Cependant il n'eſt pas impoſſible que malgré ce lien, il ne s'en échappe encore quelques portions qui ſe mêlent avec l'éther & qui abandonnent ainſi notre planete. Ces pertes accumulées pen-

dant une longue suite de siecles pourroient même produire enfin, ou avoir déja produit une diminution sensible dans les eaux de notre globe. On entrevoit ici comment des recherches & des expériences minutieuses au premier coup d'œil, peuvent conduire à tout ce qu'il y a de plus relevé & de plus étendu dans le systême de nos connoissances.

§. 274. Mais les différentes couches dont est composée une colonne d'air verticale ne sont pas toujours également seches ou également saturées; elles peuvent être à des distances très-différentes du point de saturation. Souvent les hygrometres situés près de terre témoignent que l'air est éloigné de 30 ou 40 degrés de l'humidité extrême, tandis que des nuages suspendus au-dessus de nos têtes prouvent qu'à cette hauteur il est parfaitement saturé. Alors si l'on s'éleve dans l'atmosphere, à mesure que l'on s'approche des nuages, l'hygrometre marche vers l'humidité & il arrive enfin au terme de l'humidité extrême lorsqu'il y est entiérement plongé. C'est ce que j'ai souvent éprouvé en montant, l'hygrometre à la main sur une montagne dont la sommité étoit entourée de nuages.

Différens degrés d'humidité à différentes hauteurs.

L'air peut aussi être saturé dans le bas d'une colonne & ne l'être pas dans le haut.

C'est ce qui arrive lorsque des brouillards couvrent la plaine & saturent l'air qui repose avec eux sur cette plaine, tandis qu'un beau soleil éclaire les parties plus élevées de l'atmosphere & leur donne une chaleur qui les tient au-dessus du point de saturation. On voit aussi des bandes de nuages qui nagent entre des couches d'un air nécessairement moins hu-

mide que celui des nuages eux-mêmes. Enfin lorſqu'il regne à différentes hauteurs des vents différens ou même contraires, comme cela eſt encore très-fréquent, il eſt bien vraiſemblable que le degré de ſaturation n'eſt point le même dans ces différens courans.

Une colonne d'air verticale eſt donc ſouvent compoſée de tranches ou de couches dont les unes ſont ſaturées tandis que les autres ne le ſont pas & ſont plus ou moins éloignées du point de ſaturation. (1)

Les nuages augmentent la quantité abſolue de l'eau ſuſpendue dans l'atmoſphere

§. 275. La quantité d'eau qui peut exiſter dans une couche donnée d'air ſous la forme de vapeur élaſtique eſt donc limitée par le degré de la chaleur de cet air. Il n'en eſt pas ainſi de la vapeur véſiculaire; nous ne connoiſſons point de terme au-delà duquel l'air ne puiſſe plus en admettre, ſi ce n'eſt celui du contact des véſicules ou du moins de leurs atmoſpheres.

C'est un moyen bien admirable qu'à employé la Nature pour former des réſervoirs d'eau dans les couches hautes & froides de l'atmoſphere & pour tranſporter promptement cette eau à des diſtances conſidérables. Car ſi l'air ne pouvoit contenir que l'eau qu'il peut diſſoudre, cette quantité d'environ dix grains par pied cube eſt ſi minime qu'elle n'auroit jamais pu fournir de pluie un peu conſidérable. Cette quantité eſt

(1) Il n'eſt pas néceſſaire de faire obſerver, que toutes ces différences peuvent influer ſur le poids des différentes colonnes d'air, ſur celui des différentes tranches d'un même colonne, & par conſéquent ſur la meſure des hauteurs par le barometre.

même encore moindre dans les couches élevées où l'air est plus froid ; & d'ailleurs l'air qui fournit la pluie ne se dessaisit point de toute l'eau qu'il contient, il ne lâche que son humidité superflue, & il doit en conserver assez pour être encore parfaitement saturé. Aussi les pluies sans nuages sont elles un phénomene infiniment rare. Les météorologistes en ont cependant noté quelques exemples ; mais ces pluies n'ont jamais donné qu'une très-petite quantité d'eau, précipitée sans doute par le refroidissement subit d'une colonne saturée, dans un moment qui n'étoit pas favorable à la formation des vésicules.

La rosée que l'on peut regarder comme une espece de pluie sans nuages, s'explique de la même maniere ; elle est cependant quelquefois accompagnée de brouillards, & même cette vapeur qui rend l'air un peu louche dans le moment où la rosée tombe, provient vraisemblablement de quelques vésicules qui se forment lorsque l'air refroidi dépose son humidité superflue. Mais je laisse à Mr. Pictet les détails de l'explication de la rosée & des phénomenes thermométriques nouveaux & singuliers qu'il a observés dans le moment de sa formation.

Je reviens aux nuages : je dis que nous ne connoissons aucun terme à l'accumulation des vésicules qui les forment, si ce n'est celui de leur contact mutuel. On a vu des nuages d'une densité telle, qu'en plein midi ils interceptoient totalement la lumiere du soleil & qu'ils couvroient la terre des ténebres de la nuit ; on voit quelquefois en Hollande des brouillards si épais qu'en plein jour un homme debout ne peut pas distinguer le terrein sur lequel il marche, & que de nuit on

n'apperçoit pas un flambeau ardent à la distance de quelques pas. Nous savons cependant que puisque ces nuages & ces brouillards se soutiennent dans l'air, leur poids ne peut jamais surpasser celui d'un pareil volume de la couche d'air dans laquelle ils nagent. D'ailleurs puisque les animaux y respirent avec liberté, puisque la flamme y brûle, il faut qu'il reste encore bien de l'air libre entre les vésicules. Il est donc difficile de supposer que dans le nuage ou le brouillard le plus dense, il y ait une quantité d'eau qui surpasse le tiers ou le quart du poids de l'air dans lequel il est suspendu, c'est-à-dire, plus de 200 ou de 250 grains par pied cube: mais c'est encore une quantité bien considérable, & qui dans un grand nuage, si elle tomboit tout à la fois en pluie, produiroit de terribles effets.

A quelle hauteur peuvent s'élever les nuages?

§. 276. On a demandé à quelle hauteur pouvoient s'élever les nuages. Riccioli a mesuré fréquemment leur élévation par des opérations trigonométriques, & il assure n'en avoir jamais vu qui parvinssent à la hauteur de 5000 pas géométriques ou de 4167 toises. Bouguer reste même d'abord en deçà de ce terme, car il met au rang des nuages les plus élevés, ceux qu'il a vus passer au-dessus du Chimboraço à une hauteur qu'il jugea surpasser de 3 ou 400 toises la cime de cette montagne. Or le Chimboraço est élevé de 3217 toises audessus de la mer; donc ces nuages n'auroient eu au plus que 3617 toises d'élévation. Mais il ajoute un peu plus bas, " il faut augmenter considérablement cette hauteur, s'il est permis de confondre avec les autres nuages ceux que forme „ quelquefois la fumée des Volcans, car je l'ai vue monter à „ 7 ou 800 toises plus haut. „ *Voyages au Pérou* p. L.

La hauteur de 4300 ou de 4400 toises perpendiculaires au-dessus de la mer, est donc suivant ce savant académicien, le terme au-dessus duquel les nuages ou les vapeurs ne peuvent point s'élever.

Mais j'ai déja fait voir que les vapeurs élastiques peuvent & doivent s'élever incomparablement plus haut : & quant aux vésicules qui composent les nuages, je crois que Bouguer a aussi fixé leur terme beaucoup trop bas.

Car quand je considere ces fines pommelures, qui après plusieurs jours de beau tems commencent à couvrir d'une gaze blanche & transparente la voûte azurée des cieux, & qui annoncent ainsi long-tems à l'avance le retour de la pluie, je suis porté à croire qu'elles occupent une région bien plus élevée : on les voit surpasser de beaucoup les cimes des plus hautes montagnes; & lorsqu'on est soi-même perché sur les sommets les plus élevés que l'on puisse atteindre, elles paroissent tout aussi hautes que du fond des vallées. Ce ne sont sûrement point des nuages de ce genre dont Riccioli & Bouguer ont mesuré l'élévation. Ce voile léger est si universellement répandu, son tissu est si uniforme, qu'il seroit à-peu-près impossible de déterminer quelqu'un de ses points d'une maniere assez précise pour prendre sa hauteur par deux observations faites en même tems aux deux extrémités d'une grande base. Enfin les expériences que j'ai rapportées, §. 228, prouvent que des vésicules semblables à celles qui composent les nuages, se forment encore dans un récipient dont l'air ne soutient plus que 15 lignes de mercure, & qu'elles peuvent par conséquent exister à 13500 toises au-dessus de la surface de la mer.

Différences hygrométriques entre différentes couches verticales.

§. 277. Après avoir étudié les différences qu'il peut y avoir entre les différentes couches d'une même colonne, nous devrions examiner celles qui peuvent se rencontrer entre différentes colonnes, & déterminer ainsi l'influence des climats sur l'humidité soit réelle soit apparente de l'air. Mais ces détails nous meneroient trop loin, & ils découlent si clairement des mêmes principes, que leur exposition me paroît absolument superflue. Je me hâte d'en venir à un sujet plus difficile & plus problématique.

CHAPITRE

CHAPITRE II.

DES ORAGES.

§. 278. LES principes que nous avons posés sur la nature des vapeurs, sur leur élasticité, sur la possibilité de leur existence dans l'air le plus raréfié, facilitent l'intelligence des plus grands phénomenes de la météorologie.

Les vapeurs élastiques peuvent s'élever à de très-grandes hauteurs.

CAR les physiciens qui ont posé pour principe, que la raréfaction de l'air mettoit un obstacle à l'élévation des vapeurs, n'ont pas pu, sans se contredire, supposer que les vapeurs pussent s'élever à de très-grandes hauteurs; les vents mêmes ne pouvoient pas les servir; car quelle force impulsive peut avoir un courant d'air quand il est réduit à une rareté extrême. Si au contraire on considere les vapeurs comme un fluide élastique semblable à l'air, capable de se soutenir par ses propres forces, n'ayant besoin que de chaleur pour se dilater sans bornes, même dans le vuide le plus parfait, leur diffusion & leur élévation ne sont plus que des conséquences légitimes de ces mêmes principes.

EN effet, puisque le froid est suivant ces principes, la cause la plus efficace de la diminution des vapeurs dans les couches les plus élevées de l'atmosphere, si la chaleur vient à monter, les vapeurs élastiques la suivront à quelque élévation que ce puisse être & leur quantité absolue dans un espace donné, pourra

égaler & ſurpaſſer même celle qui ſe rencontre en certains tems à la ſurface de la terre.

Liberté & action du fluide électrique dans les hautes régions de l'air.

§. 279. Un autre principe météorologique, qui n'eſt pas comme les précédens appuyé ſur des faits indubitables, mais qui me paroît avoir le plus haut degré de probabilité auquel puiſſe atteindre une hypotheſe phyſique, eſt celui de la préſence & de l'action libre & continuelle du fluide électrique dans les couches les plus élevées de notre atmoſphere. (1)

Les phyſiciens reconnoiſſent tous, que le fluide électrique eſt répandu dans toute l'atmoſphere: ils reconnoiſſent également que ce fluide gêné dans ſes mouvemens tant qu'il eſt contenu dans un air denſe, ſe meut avec la plus grande liberté dans le vuide ou dans un air raréfié, par exemple dans l'intérieur d'un récipient bien évacué. Donc à une très-grande hauteur, là où l'air eſt réduit à la même rareté qu'il a dans nos récipiens, & même à une rareté plus grande, le fluide électrique doit avoir les mouvemens les plus libres. Il doit être, par cela même, capable des plus grands effets, parce qu'il peut ſe porter d'un lieu dans un autre en très-grande quantité & avec l'extrême rapidité qui lui eſt propre. Et ſi, comme un grand nombre de phyſiciens le croient, l'éther ou la matiere ſubtile qui remplit les intervalles des planetes, n'eſt autre

(1) J'ai expoſé ce principe & quelques-unes de ſes conſéquences dans des theſes ſur l'électricité publiées en 1767. J'ai vu depuis que Mr. Francklin avoit eu avant moi la même penſée. Mais je n'en avois ni ne pouvois en avoir aucune connoiſſance lorſque ces theſes furent publiées. Car la lettre dans laquelle cet homme célebre communique cette idée à la Société Royale de Londres, n'a été imprimée pour la premiere fois qu'en 1769 dans la collection de ſes œuvres.

chose que le fluide électrique, quelle ne doit pas être la force de cet agent répandu dans ces espaces immenses? Mais nous n'avons pas besoin de cette supposition : il nous suffit que les couches les plus élevées & les plus rares de notre air soient remplies de ce fluide & qu'il puisse s'y mouvoir avec une grande liberté.

§. 280. Car on sait que l'eau soit en substance, soit réduite en vapeurs, est un conducteur de l'électricité ; que l'air à mesure qu'il s'en charge, devient moins *coërcent*, moins propre à résister à la diffusion & aux mouvemens du fluide électrique. Par conséquent, si les vapeurs peuvent s'élever jusqu'à une grande hauteur, elles peuvent servir de conducteur, de canal de communication entre cet immense réservoir, cet océan de fluide électrique libre, & la masse entiere de notre globe. Si donc le fluide électrique vient à être dans quelque partie de notre globe, plus ou moins tendu que celui qui se trouve dans la partie correspondante des hautes régions de l'air, les vapeurs seront le milieu au travers duquel se rétablira l'équilibre. Or cet équilibre ne sera pas de longue durée : car cet immense océan électrique ne doit-il pas être sujet à des flux & à des reflux, à des courans & à d'autres influences qui produisent de grandes différences dans sa densité locale? Et le fluide contenu dans notre globe même peut-il être toujours uniformément disséminé dans toute sa masse; n'y a-t-il pas mille & mille agens qui peuvent l'accumuler ou le raréfier dans tel ou tel point de la terre? Un équilibre parfait entre des forces indépendantes, & qui peuvent être modifiées par des causes différentes, étant donc très-peu probable & par cela même très-rare, il n'arrivera presque jamais que les va-

Les vapeurs établissent une communication entre la terre & les hautes régions de l'air.

peurs montent depuis la surface de la terre jusqu'aux régions élevées de l'atmosphere, sans servir de véhicule & de passage à la quantité de fluide électrique nécessaire pour rétablir l'équilibre entre l'électricité terrestre & l'électricité aërienne.

Application générale de ces principes à différens météores.

§. 281. Cette théorie est une conséquence si immédiate des principes les plus certains de l'électricité, qu'il semble superflu de la confirmer par les phénomenes qu'elle explique. J'observerai cependant, qu'elle est sûrement la seule qui rende raison de ce fait général, c'est que jamais les vapeurs ne s'élevent à une grande hauteur sans produire les plus terribles météores. Toutes les éruptions volcaniques un peu considérables sont accompagnées d'éclats de tonnerres, les feux qui s'élevent de la terre semblent allumer ceux du Ciel, la colonne vaporeuse qui sort des entrailles du Volcan est continuellement foudroyée par des éclairs qui tantôt semblent venir des plus hautes régions, tantôt semblent sortir de la colonne même. (2) La grêle, qui suppose nécessairement l'ascension des vapeurs à une hauteur considérable est toujours accompagnée d'électricité; je n'ai du moins jamais observé ni grêle ni gresil, sans que mon conducteur électrique donnât des signes très-décidés d'une électricité aërienne ou positive ou négative. Les aurores boréales sont aussi accompagnées de signes d'électricité; & leur lumiere, qui à la hauteur où elles brillent ne sauroit être l'effet d'un embrasement, paroit être produite par

(2) Pline le jeune observa déja ces éclairs dans la fameuse éruption qui coûta la vie à son Oncle. Mr. le Chevalier Hamilton les a observés lui-même plusieurs fois, & il a rassemblé plusieurs observations analogues dans sa belle description de l'éruption du Vésuve de 1779. Voyez son *Supplément aux Campi phlegræi*, Naples 1779. folio.

le fluide électrique dans le moment où il se condense en s'infiltrant dans des colonnes de vapeurs extrêmement élevées. Les trombes, les ouragans & même quelques tremblemens de terre sont en grande partie les effets des torrens de matiere électrique attirés par des torrens de vapeurs du haut des régions les plus élevées de l'atmosphere. Enfin l'électricité des nuées, ce phénomene si fréquent & aujourd'hui si généralement reconnu, peut-il être attribué à une cause plus naturelle & plus vraisemblable ?

§. 282. Il ne reste donc plus qu'à expliquer comment & dans quelles circonstances les vapeurs peuvent s'élever dans ces hautes régions. La condition essentielle est un calme parfait, ou du moins l'absence de tout vent horizontal d'une force & d'une étendue un peu considérables. Nous le savons par expérience: les orages les plus terribles, les grêles, les trombes, les ouragans sont toujours précédés par de longs calmes. (3) En effet, pour que les vapeurs puissent s'élever à une grande hauteur, il faut qu'aucun vent horizontal ne puisse les entraîner par son mouvement ou les condenser par son froid. Il faut ensuite un soleil assez ardent pour que sa chaleur favorisée par

Explication détaillée d'un ouragan.

(3) Si quelquefois on voit des ouragans précédés par des vents ; c'est dans les lieux situés sur les bords de la colonne orageuse. L'air ascendant doit être remplacé ; ce remplacement est effectué par des courans d'air qui viennent d'abord de la plage la plus froide & qui font ensuite le tour de l'horison en se dirigeant toujours vers la plage la plus chaude. C'est pour cela que sur notre hémisphere, si des causes locales ne modifient pas la regle générale, le vent passe du nord à l'est, de l'est au sud, & ainsi de suite ; au lieu que sur l'hémisphere austral il commence & tourne en sens contraire. *Voyage de Mr. Le Gentil T. II. p. 701.*

Mais vers le centre de la base de la colonne, l'air, avant l'ouragan, doit toujours paroître calme.

le calme réchauffe considérablement la surface de la terre. Il faut enfin que cette surface contienne assez d'humidité pour fournir des vapeurs, mais qu'elle ne soit pourtant pas abreuvée d'eau au point de saturer l'air & de refroidir & lui & la terre par une évaporation trop abondante.

Lorsque ces trois conditions se réunissent il se forme nécessairement un vent vertical, car & la chaleur & le mêlange des vapeurs élastiques rendent l'air plus rare, plus léger & l'obligent ainsi à s'élever. Ce vent vertical porte la chaleur dans les couches supérieures de l'air & les rend capables de dissoudre les vapeurs qu'il entraîne peu-à-peu avec lui. Ainsi l'air n'étant nulle part assez froid pour condenser les vapeurs & pour en former des nuages qui puissent empêcher les rayons du soleil de parvenir jusqu'à la terre & de la réchauffer, ces vapeurs se répandent à-peu-près uniformément dans toute la masse d'une colonne verticale extrêmement élevée. Cependant les petites inégalités locales qui se trouvent dans leur distribution & l'agitation qu'imprime à l'air le vent vertical qui l'entraîne, lui donnent ce tremblotement qui diminue sa transparence & la colonne devient par cela même susceptible d'être plus fortement réchauffée par les rayons du soleil. Cette chaleur dilate donc toujours plus la colonne, la rend plus légere & augmente la force du vent vertical, qui éleve les vapeurs à une hauteur toujours plus grande en portant toujours avec elles une chaleur capable d'empêcher qu'elles ne se condensent.

Alors les malheureux habitans du milieu de la base de cette colonne éprouvent une chaleur suffoquante ; le soleil dont les rayons traversent à peine ces vapeurs accumulées leur paroît

rouge & dépourvu de rayons ; bientôt le haut de la colonne de vapeurs atteint les régions où la rareté de l'air donne au fluide électrique la liberté de se mouvoir, ce fluide commence à traverser la colonne avec un bruit sourd & redoutable ; la mer attirée par ce fluide & par la succion du vent vertical se souleve, laisse à sec certaines plages & en inonde d'autres.

Enfin lorsque les vapeurs ont atteint une hauteur où regne un froid trop grand pour que le vent vertical puisse le vaincre, elles se condensent, retombent en eau ou forment des vésicules ; l'opacité de ces vapeurs condensées cache le soleil au reste de la colonne ; elle se refroidit subitement ; convertit en neige ou en glace l'humidité qu'elle contenoit : ce volume immense de vapeurs perd subitement son élasticité, l'air lui-même se condense, de là résultent un vuide énorme, des vents de la plus grande violence, un soulevement de la mer plus grand encore que le premier, & des inondations de tout genre.

Cependant le fluide électrique continue de traverser cette masse mélangée d'air, d'eau, de glace & de vapeurs, tonne, éclate & acheve de détruire par le feu ce qui avoit échappé à la fureur des autres élémens. (4)

(4) MM. Francklin, Du Carla & d'autres physiciens avoient déja tiré un grand parti de ces colonnes ascendantes pour l'explication des grands météores ; je crois cependant que la théorie distincte des vapeurs & de l'électricité augmente beaucoup la clarté & la précision des idées que nous pouvons nous en former. Quant à Mr. Du Carla, il a fait une application infiniment heureuse de ces mêmes colonnes ascendantes, aux pluies & aux sécheresses périodiques dans certains pays, à la contrariété des saisons qui regnent des deux côtés d'une même chaine de montagnes & à d'autres phénomenes de ce genre. Et quoique cet ingénieux physicien ait admis pour prin-

Je n'entrerai pas dans de plus grands détails : ces traits généraux suffisent pour faire voir que cette théorie rend raison des principaux phénomenes des ouragans & des grands orages. Elle explique la descente du barometre, le calme, la chaleur, la couleur du soleil & l'opacité de l'air qui les pronostiquent; les mouvemens de la mer & le bruit sourd de l'air qui les précedent immédiatement; & les vents, les inondations, les tonnerres & le froid qui les accompagnent.

Vents produits par la formation des vapeurs.

§. 283. J'ajouterai seulement, que s'il y a des cas dans lesquels la vapeur élastique produit des vents par sa condensation subite, il en est aussi où elle en occasionne en dilatant l'air au moment où elle se forme. C'est même un phénomene très-connu, mais dont on n'avoit pas donné d'explication satisfaisante.

On voit quelquefois une colonne de pluie se promener, pour ainsi dire, dans une plaine ou dans une vallée, le vent la précede, il cesse quand elle arrive, il renaît quand elle est passée, & toujours il part du centre de l'espace qu'elle occupe. Le peuple dit que ce sont les gouttes de pluie qui par leur chûte chassent l'air de tous côtés.

L'absurdité de ce raisonnement saute aux yeux. La chûte de cette eau produit un petit déplacement, pour ainsi dire in-

cipe la fausse théorie de Nollet sur la chûte des vapeurs dans un air raréfié, cette erreur n'infirme nullement les conséquences qu'il en tire; parce que le froid des hautes régions de l'air suffit seul pour rendre raison de la chûte des vapeurs qu'il attribue aux forces réunies du froid & de la rareté de l'air.

testin

testin, des parties de la colonne d'air que traverse la pluie, & ne sauroit chasser au loin une portion de cette même colonne. Quant au volume de la pluie, il est rare qu'en demi-heure il soit d'un demi-pouce de hauteur & l'addition d'une si petite quantité ne sauroit produire un vent sensible à une certaine distance. Ce n'est donc pas la pluie elle-même; c'est la vapeur élastique dans laquelle elle se convertit en partie. En effet la pluie en tombant du haut des nues arrive dans un air qui n'est point encore saturé, elle tombe sur une terre souvent chaude & seche. Il doit donc se former une quantité considérable de vapeur élastique, dont le volume mille fois plus grand que celui de l'eau dont elle est née, doit causer dans l'air une dilatation sensible. Et l'humidité même du vent, qui vient de cette colonne pluvieuse annonce la vapeur à laquelle il doit son origine.

§. 284. Ce même principe rend raison de ces coups de vent brusques & violens, que les marins appellent des *grains* & qui semblent produits par la chûte d'une pluie ou d'un nuage. Si les couches inférieures de l'air fortement rechauffées, & devenues ainsi avides de vapeurs, sont tout-à-coup traversées par une quantité d'eau très-divisée & par cela même susceptible d'une évaporation très-prompte, il doit se produire simultanément une quantité de vapeur élastique assez considérable pour donner à l'air une secousse violente & pour produire une bourasque ou une tempête momentanée. Et si deux ou trois de ces colonnes de pluie tombent à la fois à une petite distance l'une de l'autre, un navire exposé au conflict de ces courans impétueux se trouve dans le plus grand danger. Grains.

CHAPITRE III.

DES VARIATIONS DU BAROMETRE.

Introduction.

§. 285. Mr. de Luc a donné dans le premier volume de son ouvrage sur les *modifications de l'atmosphere*, une histoire & une critique très-intéressante des opinions des physiciens sur les causes des variations du barometre. Et dans le second volume du même ouvrage il propose un nouveau systême pour expliquer ces variations.

Ce systême appuyé sur la réfutation de tous ses compétiteurs & sur une foule de raisons très-spécieuses m'avoit séduit comme si j'en eusse été l'auteur & je souhaitois vivement de le voir confirmé par quelqu'expérience directe. Car dans toutes les questions problématiques de la physique, je tâche toujours d'imaginer quelqu'épreuve décisive & péremptoire qui mérite le nom d'*experimentum crucis* consacré par l'immortel Bacon.

Systême de Mr. de Luc.

§. 286. Mr. de Luc suppose, que l'air pur est plus pesant qu'un air mêlé de vapeurs aqueuses; ou ce qui revient au même, que les vapeurs aqueuses en se mêlant avec l'air le dilatent tellement, que malgré leur admission qui sembleroit devoir augmenter son poids, il devient sensiblement plus léger qu'un pareil volume d'air pur & sec. Cette supposition explique très-bien pourquoi la baisse du barometre est un indice de pluie. En effet, si les vapeurs rendent l'air plus léger,

ſa légéreté indiquée par la baiſſe du barometre prouve l'accumulation des vapeurs & préſage par cela même la pluie.

Mr. de Luc n'avoit point déterminé avec préciſion la maniere dont les vapeurs augmentent le volume de l'air ; mais ma théorie ſur l'évaporation rend raiſon de ce phénomene en expliquant la formation des vapeurs par la converſion de l'eau en un fluide élaſtique. Cependant cela ne ſuffiſoit pas ; il falloit encore que la quantité de ce fluide élaſtique dont l'air peut ſe charger fût ſuffiſante pour expliquer les variations du barometre, & qu'elle n'entraînât pas un augmentation de poids proportionnelle.

§. 287. C'étoient donc ces deux queſtions que devoit décider une expérience directe. C'eſt auſſi pour les réſoudre que je fis l'expérience décrite dans les §§. 108 & ſuivans. Je renfermai dans un ballon un hygrometre & une eſpece de barometre auquel on donne le nom de *manometre* parce que n'ayant plus de communication avec l'air extérieur il meſure non la peſanteur, mais l'élaſticité de l'air renfermé avec lui. Je deſſéchai enſuite cet air par le moyen des ſels & je vis le manometre baiſſer à meſure que les vapeurs s'abſorboient, en ſorte que l'élaſticité diminuoit environ d'une 54e. lorſqu'il paſſoit de l'humidité à la ſéchereſſe extrême. Je rendis alors à cet air toute l'humidité dont il pouvoit ſe charger & je le vis reprendre préciſément cette même 54e. qu'il avoit perdue.

Expérience deſtinée à vérifier ce ſyſtême.

§. 288. Cette expérience répétée dans différens vaſes en différentes circonſtances m'a donné conſtamment le même réſultat ou du moins des réſultats proportionnels. Lorſque la cha-

Cette explication eſt inſuffiſante.

leur étoit d'environ 16 degrés & que le barometre se soutenoit à 27 pouces, le passage de l'humidité à la sécheresse extrême faisoit varier le manometre d'environ 6 lignes qui sont la 54^{e}. de 27 pouces.

Or cette variation de 6 lignes ne suffit point pour expliquer celles que souffre le barometre, puisqu'elles vont jusqu'à 3 pouces dans le nord, & à 20 ou 22 lignes chez nous.

Mais il y a plus encore ; lorsque les vapeurs en se mêlant avec l'air augmentent son élasticité, elles ajoutent leur propre poids à celui de l'air & quoiqu'elles soient sous la forme d'un fluide élastique plus léger que l'air, leur poids ne sauroit cependant être entiérement négligé. Car en supposant qu'un pied cube d'air ne puisse dissoudre que 10 grains d'eau, & que ces 10 grains changés en fluide élastique augmentent le volume de l'air d'une 54^{e}. ; ce mêlange d'air & de vapeurs égal à $\frac{55}{54}$ d'un pied cube pesera le poids d'un pied cube d'air plus 10 grains, ou, en supposant le barometre à 27 pouces & le thermometre environ à 16 degrés, $751 + 10 = 761$ grains. Or un pareil volume d'air pur auroit pesé 751 grains, plus la 54^{e}. partie de 751, ou $751 + 14 = 765$. Donc le poids de la vapeur est à celui de l'air comme 10 à 14, & le poids d'un volume donné d'air pur est à celui d'un volume égal d'air saturé de vapeurs, comme 765 à 761, rapport qui ne donne pas même deux lignes de différence entre les hauteurs auxquelles se soutiendroit le barometre, si l'atmosphere entiere passoit d'une sécheresse extrême à une saturation complete.

D'autres considérations diminuent encore cette différence.

La chaleur moyenne d'une colonne verticale de l'atmosphere est fort inférieure à 16 degrés & par conséquent la quantité réelle des vapeurs suspendues dans cette colonne est fort au-dessous de celle que nous avons supposée. L'air rare des couches élevées de l'atmosphere tient en dissolution une moins grande quantité de vapeurs. Enfin l'air libre ne se dépouille jamais de toutes les vapeurs qu'il tient en dissolution ; l'hygrometre exposé en plein air ne vient jamais à Zéro & par conséquent il n'arrive jamais qu'il passe de la sécheresse extrême à l'humidité extrême comme il le fait dans le vase qui a servi à l'expérience fondamentale.

La différence de densité entre l'air sec & l'air humide ne nous explique donc pas même deux lignes de variation dans le barometre, & il faudroit en expliquer 21 ou 22 à Geneve & plus de 30 dans le Nord de l'Europe.

§. 289. Etonné de ce résultat, car j'étois, comme je l'ai dit, prévenu en faveur de ce systême, j'ai répété & varié l'expérience, je l'ai faite par gradations & à différens degrés de l'hygrometre & du thermometre, comme on peut le voir dans le Chap. V. du II^d^. Essai, mais l'issue en a toujours été la même. Objection prévenue.

Je me suis ensuite demandé s'il ne seroit point possible que ce ne fussent pas les vapeurs dissoutes qui augmentassent le plus le volume de l'air, mais celles qui se joignent à lui après qu'il est saturé. Pour éclaircir ce doute, j'ai essayé d'introduire des vapeurs dans un ballon après que l'air en avoit été saturé, j'y ai versé de l'eau surabondante, j'y ai suspendu

des linges mouillés que j'agitois en tout ſens ; mais du moment où l'hygrometre a marqué la ſaturation complete, le manometre n'a plus fait le moindre mouvement, il eſt demeuré fixe & n'a plus varié que par l'augmentation ou la diminution de la chaleur. Cependant l'évaporation continuoit dans cet air ſaturé ; parce qu'il ſe faiſoit, comme je l'ai dit plus d'une fois, une eſpece de diſtillation ; la vapeur ſe condenſoit contre quelqu'une des parois du vaſe à meſure qu'elle ſe détachoit de la ſurface du linge mouillé ; mais comme la quantité de cette vapeur demeuroit ainſi conſtamment la même, le degré de tenſion qu'elle produiſoit dans l'air demeuroit auſſi le même.

Autre objection.

§. 290. DIRA-T-ON que c'eſt la vapeur véſiculaire qui produit dans l'air cette dilatation extraordinaire ? Mais ſur quels faits appuieroit-on cette opinion. Ce ne feroit pas ſur ce qui ſe paſſe dans des vaſes clos ; car ſon apparition n'y eſt jamais qu'inſtantanée & dans des circonſtances où on ne peut point obſerver ſon action ſur le manometre. Ce ne feroit pas non plus ſur les faits obſervés en plein air, car on voit le barometre deſcendre conſidérablement par des vents de Sud & de Sud-Oueſt parfaitement clairs, tout comme on le voit monter, & par les brouillards & par de petites biſes noires pendant leſquelles le Ciel eſt couvert de nuages.

Troiſieme objection.

§. 291. PEUT-ETRE objectera-t-on que tous ces phénomenes ſe paſſent à l'air libre tout autrement que dans des vaſes clos ; mais cela feroit difficile à ſoutenir, à moins que l'on ne ſuppoſe à l'air libre des qualités occultes dont nous ne pouvons nous former aucune idée : car la marche de l'hygrometre eſt la

même, celle du thermometre est la même & la dilatation de l'air par la chaleur & sa condensation par le froid sont à très-peu près les mêmes que celles que Mr. DE LUC a observées en plein air.

LA seule chose que l'on pût supposer avec quelque vraisemblance, c'est que la surface intérieure du ballon s'empare d'une partie de l'eau que nous supposons réduite en vapeurs & dissoute par l'air; qu'ainsi tandis que nous croyons qu'il a fallu 10 grains d'eau, pour dilater un pied cube d'air d'une 54^e. de son volume, cet effet a été produit par 7 ou 8 grains, & que par conséquent la densité de la vapeur au lieu d'être à celle de l'air dans le rapport de 10 à 14, n'a réellement avec elle que le rapport de 7 ou de 8 à 14. Mais quand on accorderoit cette supposition, quand on iroit même à supposer que l'air ne s'est chargé que de la moitié de l'eau introduite dans le ballon, on auroit encore de la peine à établir que la masse entiere de l'air, en passant de la plus grande humidité à la plus grande sécheresse, puisse faire varier le barometre de trois ou quatre lignes.

§. 292. LORSQUE ces expériences & ces raisonnemens m'eurent convaincu que la dilatation de l'air par l'admission des vapeurs étoit absolument insuffisante pour expliquer les variations du barometre, d'autres considérations vinrent encore me confirmer dans cette persuasion.

Autres argumens contre le même systême.

UN des phénomenes les plus frappans des variations du barometre, celui dont la solution doit, à ce qu'il semble, donner la clef de tous les autres, parce qu'il est aussi grand, qu'il est certain & invariable, c'est la diminution qu'éprouvent

ces variations à mesure que l'on s'approche de l'Equateur, & leur augmentation graduelle en s'avançant vers les Poles. Cependant les païs situés sous l'Equateur sont sujets à des alternatives d'humidité & de sécheresse, de pluie & de beau tems, & quoique les saisons y soient plus constantes que dans les climats tempérés, elles changent pourtant, & dans le moment des mutations, il y a des orages, des tempêtes & des alternatives d'humidité & de sécheresse plus grandes & plus promptes que chez nous. Cependant ces alternatives ne font presqu'aucune impression sur le barometre.

Mais sans aller si loin chercher des exemples, ne voit-on pas par-tout, après le plus beau jour d'été, pendant lequel l'air a paru très-pur & très-sec, tomber une abondante rosée, qui fait passer l'air d'une sécheresse considérable à une humidité extrême, tandis que le barometre ne souffre aucune variation, ou du moins une variation si peu considérable, qu'on peut l'attribuer uniquement au changement de température. Et cependant les rosées se font sentir à une très-grande hauteur; on sait assez dans les païs de montagnes que les gelées blanches sont le fléau des paturages les plus élevés. Ce n'est pas même seulement dans les prairies qu'on voit tomber la rosée; elle se fait sentir sur les rocs les plus arides & les plus incapables de fournir cette humidité. L'observation d'accord en cela avec le raisonnement prouve donc que le refroidissement produit par le coucher du soleil, précipite les vapeurs qui étoient dissoutes dans l'air, par-tout où ce refroidissement ramene l'air au terme de la saturation. Puis donc que les alternatives de développement & de condensation d'une si grande quantité de vapeurs ne produisent sur le barometre qu'une

variation

variation nulle, ou du moins minime, ne faut-il pas avouer qu'elles n'ont point sur lui une influence suffisante pour être mises au rang des principales causes de ces variations.

§. 293. Depuis l'impression de l'ouvrage de M. de Luc, un savant physicien Italien a proposé une nouvelle hypothese pour expliquer les variations du barometre. Il suppose que les exhalaisons phlogistiques lorsqu'elles se mêlent avec l'air, diminuent la force par laquelle il tient l'eau en dissolution & qu'elles causent ainsi la précipitation des vapeurs aqueuses. Or comme ces exhalaisons & spécialement l'air inflammable sont beaucoup plus rares que l'air commun, leur mélange avec l'air le rendroit plus léger en même tems qu'il le rendroit humide, & expliqueroit ainsi l'accord de la baisse du barometre avec l'humidité & la pluie. *Pignotti congetture meteorologiche.* Hypothese de M. Pignotti.

Ce systême est certainement très-ingénieux, mais il a contre lui les expériences que j'ai faites pour lui servir en quelque maniere de pierre de touche. Ces expériences que l'on a vues dans les chap. III & IX du second essai prouvent que les exhalaisons les plus phlogistiques, telles que celles de l'éther, des huiles grasses & des huiles essentielles ne séparent de l'air aucune humidité sensible, & que l'air inflammable, bien loin de précipiter de l'humidité, est capable de dissoudre lui-même des vapeurs tout comme l'air commun.

§. 294. Sans prétendre donner une solution complete d'un problême si difficile & que de si grands physiciens ont inutilement tenté de résoudre, je me contenterai de proposer quelques vues générales. Vues générales.

Pourquoi ces variations sont plus petites sous l'équateur.

Je poserai d'abord pour principe, que la premiere condition à laquelle doit satisfaire l'hypothese qui rendra raison des variations du barometre, c'est d'expliquer le grand phénomene dont j'ai parlé plus haut, la petitesse de ces variations sous l'Equateur & leur accroissement graduel à mesure que l'on s'approche des Poles.

Or en comparant les variations que subit l'atmosphere elle-même sous la zone torride avec celles qu'elle éprouve sous les zones tempérée & glaciale, je trouve trois différences essentielles.

Parce que la température y est moins variable.

1°. Les variations de température sont beaucoup moins grandes sous la zone torride : la différeuce entre le moment le plus chaud & le moment le plus froid de l'année n'excede nulle part 25 degrés du thermometre de Réaumur ; & en pleine mer, comme dans plusieurs isles même très-voisines de la ligne, cette différence ne va qu'à 10 ou 12 degrés. (1)

(1) Mr. Miller a tenu pendant plus d'une année la note des degrés du thermometre au fort Malbro' situé sur la côte occidentale de l'isle de Sumatra à environ 4 degrés de latitude sud. Le point le plus bas où il l'ait vu a été 69 de Far. ou $16\frac{4}{9}$ de Réaumur & le plus haut, où il n'est même arrivé qu'une seule fois 90 de F. ou $25\frac{7}{9}$ de R. ensorte que toute la variation se réduit à $9\frac{1}{3}$ de R. *Philos. Trans. V. LXVIII. pag. 162.*

Le P. de Beze dit qu'à Malaque ou Malacca, située à 2d. 12′ de la ligne la chaleur est très-modérée & presque toujours la même ; que pendant 7 mois entiers qu'il y a passés la liqueur du thermometre a toujours été entre le 60 & la 71e. degrés ; or ces degrés par la comparaison que j'ai faite de diverses autres observations répondent au 13e. & au 24e de R. ; la variation n'a dont été que de 11 degrés, de R. *Mém. de l'Acad. 1699 T. VII. P. II. p. 216.*

A Manille la variation est de $13\frac{1}{2}$ à 35 ou de $21\frac{1}{2}$ de R. A Pondichéri de 13 à 38 ou de 25. *Voyage de Mr. le Gentil.*

Enfin à Madere quoique située hors

Ici au contraire de même qu'à Paris elle va à 43 ou 44, & jusqu'à 60 dans des païs plus septentrionaux.

2°. Les vents sont plus réguliers sous la zone torride, & par conséquent leurs variations sont moins fréquentes. 2°. Les vents plus constans.

C'est par ces deux considérations que deux grands physiciens, Cassini & Halley ont expliqué la petitesse des variations du barometre sous l'Équateur; mais j'en joindrai une troisieme, qui me paroît aussi y contribuer.

L'atmosphere doit être plus élevée sous la ligne équinoctiale, non seulement par un effet de la force centrifuge; mais encore parce que le soleil réchauffe l'air à une beaucoup plus grande hauteur. La ligne des neiges éternelles s'éleve sous l'Équateur jusques à la hauteur de 2400 toises, & s'abaisse graduellement jusques à l'horizon qu'elle atteint dans le voisinage des Poles. Cependant l'air, dans les païs circompolaires se réchauffe auprès de la terre, en été par la continuelle présence du soleil, & en hyver, parce que la communication de la chaleur moyenne de notre globe tempere son extrême froidure. Il y a donc toujours auprès des Poles une différence de chaleur très-grande entre la couche d'air la plus basse & celles qui lui sont presqu'immédiatement superposées; sous la zone torride au contraire, la chaleur décroit par des gradations très-lentes 3°. Le décroissement de la chaleur en montant plus gradué.

des Tropiques, la température ne varie que de 20 degrés de F., ou de $8\frac{8}{9}$ de R. Car Mr. Héberden qui a tenu à Funchal un régitre exact d'observations météorologiques pendant 4 ans & 9 mois n'a jamais vu le thermometre plus bas que 60 de F. ou $12\frac{4}{9}$ de R., ni plus haut que 80 de F, ou $21\frac{1}{3}$ de R. *Philos. Trans. Vol. XLVIII, p. 618.*

depuis le niveau de la mer jusques à une hauteur de deux ou trois mille toises. Ici donc, le mélange accidentel des couches froides avec les chaudes & par cela même les grands changemens dans la densité de l'air étant beaucoup plus difficiles, le barometre doit être sujet à des variations moins grandes.

Ces mêmes principes expliquent parfaitement pourquoi les variations du barometre sont dans nos climats sensiblement plus grandes en hyver qu'en été.

Objection générale contre l'influence des changemens chymiques sur le *B.*

§. 295. C'est encore par la considération de la petitesse des variations du barometre sous la zone torride, que je ne serois pas disposé à accorder aux changemens chymiques dont l'air est susceptible, beaucoup d'influence sur ces variations. Car où les fermentations, les putréfactions, les exhalaisons de tout genre sont-elles plus abondantes que dans ces climats brûlans ? Où doit-il se dégager plus d'air fixe, plus d'air inflammable, plus de phlogistique ? où doit-il se faire plus de mélanges & de combinaisons de tous ces différens mixtes ? & puisque malgré cela les variations du barometre y sont si peu considérables, comment pourrions-nous attribuer une grande efficace à ces causes dans des païs où elles ont beaucoup moins d'activité ? (2)

(2) Mr. Senebier a donné à la fin du premier volume de ses *Mémoires physicochymiques sur l'influence des rayons solaires* une explication des variations du barometre par des moyens purement chymiques. Il a même rendu raison de la petitesse de ces variations sous la zone torride, par la perpétuité de la végétation sous cette zone. Comme les idées qui servent de baze à cette ingénieuse hypothese sont absolument nouvelles, leur discussion exigeroit une suite de raisonnemens & d'expériences directes que je n'ai point le loisir d'entreprendre. C'est ce qui m'a déterminé à ne faire aucun changement aux idées que j'avois précédemment adoptées sur ce sujet.

Les variations dans la chaleur, les vents & l'inégale densité des couches contigues de l'air me paroissent donc être les principales causes des variations du barometre. Mais il faut entrer dans quelques détails.

§. 296. J'ai prouvé, §. 113, que quand le barometre est à 27 pouces, une augmentation de chaleur équivalente à un degré du thermometre de Réaumur fait monter le manometre de 22 seiziemes de ligne. Il suit de là que si une colonne verticale de l'athmosphere se réchauffoit d'un degré dans toute sa hauteur, & que l'air eût la liberté de se verser à droite & à gauche à mesure qu'il se dilate, cette colonne deviendroit plus légere & le mercure soutenu par son poids baisseroit de 22 seiziemes de ligne; d'où il suit encore, qu'une variation de 16 degrés dans la température de cette même colonne, suffiroit pour produire une variation de 22 lignes dans le baromêtre.

Comment la chaleur fait baisser le barometre.

Cette cause seroit donc suffisante pour expliquer les variations du barometre, elle passeroit même de beaucoup le but, si ses effets n'étoient pas limités par deux raisons très-efficaces.

§. 297. La premiere de ces raisons, c'est que les changemens dans la chaleur que nous éprouvons auprès de la surface de la terre ne se font point sentir dans le même degré jusques au haut de l'atmosphere. L'influence des rayons solaires diminue progressivement à mesure que l'on s'éleve. La différence de chaleur entre le jour & la nuit, entre l'été & l'hyver, entre l'Equateur & les Poles n'est donc point aussi grande à deux

Causes qui diminuent les effets de la chaleur. Premiere.

ou trois mille toises de hauteur, qu'elle l'est au niveau de la mer.

Seconde. §. 298. La seconde cause, qui diminue l'influence de la chaleur sur les variations du baromêtre, c'est la simultanéité des changemens de température dans des païs contigus & d'une grande étendue. La dilatation de l'air dans une colonne verticale, ne diminue le poids de cette colonne qu'autant qu'elle jouit de la liberté de s'enfler à droite & à gauche ou de s'allonger par en-haut & de se reverser ensuite sur les colonnes voisines. Si donc la masse entiere de l'atmosphere se réchauffoit en même tems & au même degré, toutes les colonnes s'éléveroient en même tems & à la même hauteur, aucune d'elles ne pourroit s'enfler ni refluer sur ses voisines, leur poids demeureroit le même, & il ne se feroit aucune variation dans le barometre.

C'est pour cela, que malgré une différence de plusieurs degrés entre la chaleur de la nuit & celle du jour & une différence plus grande encore entre celle de l'hyver & celle de l'été, on n'apperçoit qu'une petite inégalité entre les hauteurs moyennes du barometre à ces diverses époques. La chaleur augmentant & diminuant sur tout un hémisphere à la fois, les colonnes s'allongent & s'accourcissent ensemble, sans que la masse d'aucune d'elles augmente ou diminue considérablement. Comme cependant ces augmentations & ces diminutions de chaleur ne sont point absolument égales & simultanées à cause du mouvement de rotation de la terre, & parce que le soleil réchauffe toujours moins les colonnes qu'il frappe plus

obliquement, cette succession & cette inégalité produisent les vents alisés, les moussons, les vents diurnes & une plus grande hauteur du barometre pendant la nuit & pendant l'hyver.

§. 299. C'est donc dans les cas où une cause locale fait éprouver à une seule colonne une chaleur ou un froid particulier que l'on observe des variations subites & irrégulieres du barometre.

Cas où la chaleur influe le plus sur le barometre.

Lorsque, par exemple, en été, une pluie locale rafraîchit l'air de plusieurs degrés, on voit dans le lieu où elle est tombée, le barometre monter sur le champ d'une demi-ligne ou même d'une ligne, sans que ce mouvement tienne à aucune cause générale. C'est qu'une seule colonne ayant été condensée par le froid, les colonnes voisines qui ne l'ont point été refluent sur elle & augmentent sa masse. (3)

(3) On peut même en supposant des cas qui ont dû se présenter naturellement plus d'une fois, calculer la quantité de ce mouvement du barometre.

Je suppose que la pluie tombe d'un nuage élevé de mille toises, que la température de l'air dans ce nuage soit de 5 degrés, tandis qu'elle est de 25 à la surface de la terre, & qu'ainsi la température moyenne de la masse d'air interposée entre la terre & le nuage soit de 15 degrés; si le barometre auprès de la terre est à 27 pouces, le poids de cette masse d'air équivaudra environ à 5 pouces 7 lignes de mercure. Que la pluie refroidisse l'air dans le bas de 6 degrés, comme la température du nuage sera demeurée la même, la chaleur moyenne se trouvera réduite à 12, & le refroidissement moyen aura été de 3 degrés. Si la totalité de l'atmosphere avoit subi ce refroidissement l'air auroit perdu de son ressort une quantité équivalente à 3 fois 22 seiziemes de lignes (§. 113) ou à 4 lignes $\frac{1}{8}$. Mais comme ce ne sont que ces mille toises qui en ont été affectées, & que leur poids n'est que de 67 lignes, tandis que l'atmosphere entiere pese 27 pouces ou 324 lignes, il ne doit y avoir que les $\frac{67}{324}$ de ce changement, c'est-à-dire, 85 centiemes de ligne; l'air refroidi n'ayant donc perdu de son ressort & ne s'étant condensé que d'une quantité cor-

Influence des vents sur la température locale de l'air.

§. 300. Mais les vents tiennent certainement le premier rang entre les causes qui peuvent opérer des changemens locaux dans la température de notre atmosphere. Et les vents qui soufflent dans les païs tempérés, quoiqu'ils regnent souvent

respondante à cette fraction, les colonnes voisines ne reflueront sur lui que d'une quantité proportionnelle & le barometre qui exprimera le poids de cet air ne monte que de cette même quantité ou de $\frac{85}{100}$ de ligne.

On objectera peut-être, que le barometre ne doit pas même faire une aussi grande variation à cause de la diminution que les vapeurs apportent à la densité de l'air. En effet la pluie doit saturer ou à-peu-près l'air sec qu'elle traverse en tombant, & cet air en se pénétrant de vapeurs doit devenir plus léger qu'il ne l'étoit auparavant. On peut encore en faire le calcul dans un cas donné.

Je suppose que l'air ait auprès de la terre le plus haut degré de sécheresse que j'aie observé, qu'il soit à 40 de mon hygrometre; & que son humidité augmente en progression arithmétique jusqu'au nuage, dans lequel il est nécessairement saturé, son humidité moyenne sera de 70. Je suppose encore que la pluie en traversant cette colonne d'air la ramene au point de saturation, chaque pied cube, qui suivant la table (p. 181.) ne contenoit à 70 degrés d'humidité & 15 de chaleur, que 6,3651 grains d'eau réduite en vapeurs, en contiendra après la pluie (en supposant pour un moment qu'elle ne change pas sa température) 11,0690, & par conséquent chaque pied cube se chargera d'une nouvelle quantité d'eau équivalente à 4,7039 grains. Mais cette eau se changera en vapeurs élastiques & chaque grain en produira (§. 126.) une quantité capable par son élasticité de soulever 0,587 lignes de mercure. Donc la force élastique engendrée dans chaque pied cube d'air sera égale à 2,7612 lignes de mercure. Mais une quantité d'air capable de soutenir par son élasticité cette quantité de mercure, péseroit 6,4002 grains. Donc, en supposant que le pied cube d'air pese 751 grains, le poids d'un volume quelconque d'air à 70 de l'hygrometre, est au poids du même volume d'air saturé, dans le rapport de 751 + 6,4002 : 751 + 4,7039 ou de 757,4002 : 755,7039. Donc lorsqu'une fois le fluide élastique engendré par l'évaporation de la pluie se sera écoulé, & que l'air saturé aura pris son assiette, les 67 lignes de mercure, qui exprimoient le poids des mille toises d'air se trouveront diminuées dans le rapport de ces deux nombres. Elles seront donc réduites à 66, 85, d'où il suit, que si une colonne d'air de 1000 toises de hauteur passoit toute entiere du 70e. degré de l'hygrometre au 100e., ou au terme de saturation, la diminution de densité de l'air qui résulteroit de cette humidité ne feroit baisser le barometre que de 15 centiemes de ligne.

Trois degrés du thermometre, font donc sur la densité de l'air un effet beaucoup plus grand que 30 de l'hygrometre; ceux-là causent une variation de 85 centiemes, tandis que ceux-ci n'en produisent qu'une de 15. Et

sur

sur de grandes étendues de païs, peuvent être appellés des causes locales, en comparaison des vents alisés, des moussons & des vicissitudes de chaleur & de froid qui affectent tout à la fois un des hémispheres.

L'INFLUENCE des vents sur la température & par cela même sur le poids de l'air est d'autant plus grande, que souvent leur propre température est contraire à celle qui convient au moment ou à la saison ; & par conséquent à la température qui regne dans les païs voisins des lieux où ils souflent. Ainsi s'il soufle un vent chaud à une heure ou dans une saison où l'air est froid par-tout où ce vent ne regne pas, l'air réchauffé & dilaté par ce vent aura toute la liberté possible de se reverser sur les colonnes voisines, il deviendra d'autant plus léger & le barometre descendra d'une quantité considérable.

§. 301. D'AILLEURS les vents changent la température de l'air à une hauteur beaucoup plus grande que ne le font les rayons directs du soleil. Nous voyons au printems le soleil briller pendant plusieurs jours de l'éclat le plus vif & réchauffer considérablement nos plaines, sans que nos rivieres alpines s'enflent d'une maniere sensible ; ce qui prouve qu'il ne s'est point fondu de neiges sur les montagnes & que la chaleur n'est point parvenue jusqu'à elles. Mais s'il s'éleve un vent chaud du sud ou du sud ouest, douze ou quinze heures après qu'il a commencé

Ils changent cette température à une grande hauteur.

pour en revenir à la question qui a occasionné ces calculs, l'effet final du refroidissement diminué par celui de l'humidité, sera dans le cas supposé, de 7 dixiemes de ligne, dont cette pluie froide & locale aura fait monter le barometre.

à soufler, nous voyons l'Arve grossir à vue d'œil & quelquefois même se déborder & causer de très-grands ravages. Tous les habitans des Alpes confirmeront cette vérité ; même au milieu de l'été, s'il ne soufle pas un vent chaud, non seulement il se fond peu de neiges, mais il en tombe de nouvelles sur les cimes élevées, au lieu que s'il regne un vent de sud, les neiges se ramollissent & se fondent jusques sur les plus grandes hauteurs.

Réponse à une objection.

§. 302. Le savant M. de Luc, qui à mon gré a trop exténué l'influence des vents & de la chaleur sur la densité de l'air, observe qu'en été les vents de sud ne peuvent pas réchauffer l'air de nos climats, parce que dans cette saison nous éprouvons des chaleurs à peu près égales à celles des païs les plus voisins de l'Equateur. Cette observation est parfaitement juste pour la surface de la terre au niveau de la mer, pour les couches basses de l'atmosphere, mais elle ne l'est plus pour les couches élevées. Quelques jours de nos étés peuvent, il est vrai, être comparés à ceux de Lima ; mais les étés du grand S. Bernard ressemblent-ils à ceux de la fertile & riante vallée de Quito située à peu près à la même élévation ? Il faut le demander à ces pieux solitaires que l'amour de l'hospitalité fait séjourner dans cette triste demeure, où le thermometre même en été descend presque tous les soirs lorsque le tems est calme tout près du terme de la congélation, & plus bas si le vent est au nord ; où je l'ai vu au-dessous de 0 le premier d'août à une heure après midi malgré le soleil qui perçoit à tous momens au travers des nuages ; où le meilleur abri peut à peine favoriser l'accroissement tardif de quelques laitues & de

quelques choux les plus petits de leur espece & qui forment l'unique ressource de leurs pauvres potagers.

Et sans entrer dans de plus grands détails, n'est-il pas constant que, malgré l'égalité de la chaleur extrême que l'on a observée en différens climats, la ligne des neiges perpétuelles qui s'éleve, comme je l'ai déja dit, à 2400 toises sous l'Equateur, vient raser la surface de la terre dans le Spitzberg & dans le Groënland.

L'égalité de chaleur dans le tems des solstices n'est donc que momentanée & superficielle : les couches élevées de l'air sont constamment & dans toutes les saisons beaucoup plus chaudes dans les païs méridionaux. Par conséquent, les vents du sud, lors même que dans les grandes chaleurs ils nous paroissent refroidir les couches inférieures de l'atmosphere, réchauffent indubitablement les couches plus élevées correspondantes à celles qui sont plus chaudes dans les climats d'où ils viennent.

§. 303. Mais ce n'est pas seulement en changeant la température de l'air, que les vents doivent influer sur les variations du barometre. Car seroit-il raisonnable de penser qu'il puisse se former dans un fluide élastique des courans d'une étendue & d'une vîtesse considérable, sans que ce fluide soit condensé ou raréfié par ces courans? Influence méchanique des vents sur la densité de l'air.

Je sais bien que ce que je prends ici pour l'effet doit être aussi très-souvent la cause, & que les vents eux-mêmes sont presque toujours produits par des changemens locaux dans la

densité de l'air. Mais sans nous occuper dans ce moment de leur cause, considérons-les comme existans, & supposons qu'une grande masse d'air vienne tout à coup à se porter vers un lieu dont l'air étoit tranquille, je dis que cet air tranquille résistant par son inertie à l'impulsion de celui qui le choque doit nécessairement se condenser dans toute sa hauteur, s'élever ou se gonfler en quelque maniere par en-haut; & que sa masse, son poids doivent être augmentés par là d'une maniere sensible. Cette augmentation sera bien plus grande encore si deux masses d'air viennent à se heurter dans des directions opposées. (4)

Si au contraire un grand volume d'air est tout à coup déterminé à abandonner une certaine plage pour se porter vers une autre, il se formera dans cette plage un vuide, une diminution de densité qui fera baisser le barometre.

Enfin le mouvement vertical de l'air de bas en haut; occasionné par la chaleur, par la rencontre des montagnes ou par quelqu'autre cause que ce soit, doit aussi nécessairement diminuer la pression qu'il exerce sur la base qui le porte.

Violence des vents dans les hautes régions de l'air.

§. 304. On sentira mieux encore l'influence que doivent avoir les vents sur la densité de l'air, si l'on réfléchit à la force avec laquelle ils soufflent dans les hautes régions de l'atmosphere. C'est un fait avéré, que plus on s'éleve sur les montagnes

(4) On ne sauroit expliquer d'une autre maniere la hauteur parodigieuse du barometre observée le 1er de Janvier 1779, par Mr. Van Swinden à Franeker en Frize.

& plus on trouve les vents impétueux. J'ai éprouvé très-fréquemment que des vents qui paroiſſoient réguliers & d'une force modérée dans la plaine, des vents de nord-eſt, par exemple, qui ſe ſoutiennent quelquefois chez nous pendant pluſieurs jours avec beaucoup d'uniformité, étoient ſur les montagnes d'une violence telle que l'on avoit la plus grande peine a y réſiſter. J'ai parlé de la violence des vents ſur le Mole & ce n'eſt point une particularité propre à cette montagne; j'ai éprouvé la même choſe ſur pluſieurs autres ſommités, les académiciens François l'éprouverent ſur les Cordillieres & tous les voyageurs ſont d'accord ſur ce point. Mais ce qui m'a le plus frappé, c'eſt de voir les neiges dures & compactes qui couvrent en été les cimes inacceſſibles des Alpes rapées en quelque maniere par la violence des vents & enlevées à des hauteurs conſidérables. C'eſt un phénomene connu de tous les habitans des Alpes: on le voit ſouvent ſur la cime du Mont-Blanc, & quand le ſoleil couchant donne une teinte rouge à ces neiges, il ſemble que ce ſont des flammes qui ſortent de la cime des montagnes. Cette illuſion eſt ſur-tout frappante & forme un beau ſpectacle quand on eſt au ſud-eſt des Alpes, par exemple, ſur les montagnes des environs de Cormayor. Après que le ſoleil s'eſt couché derriere le Mont-Blanc, la face que préſente la montagne eſt en entier dans l'ombre & l'on voit ces neiges rougies que le vent ſouleve à une grande hauteur au-deſſus de ſa cime, briller de l'éclat le plus vif, & ſortir de cette maſſe obſcure comme la flamme d'un volcan. Ces débris de neige retombent du côté oppoſé au vent, ſe lient entr'eux par la congélation & forment ces avant-toits ſaillants au-deſſus des précipices que l'on obſerve au bord de toutes les ſommités couvertes de neiges éternelles.

Et il faut bien obſerver, que les grands effets que produiſent les vents à cette élévation prouvent une vîteſſe beaucoup plus grande que s'ils les produiſoient dans la plaine ; car l'air devenant plus rare à meſure que l'on s'éleve, il faut une vîteſſe plus grande pour compenſer la diminution de ſa maſſe.

Cette prodigieuſe vîteſſe des vents dans les hautes régions de l'air & leur influence ſur les variations du barometre peuvent ſervir à expliquer la correſpondance de ces mêmes variations dans des païs éloignés. En effet, on obſerve ſouvent, ſur-tout dans les grands mouvemens du barometre, que le moment du plus grand abaiſſement ou de la plus grande élévation coïncide à peu d'heures près, dans des places qui ſont à plus de cent lieues de diſtance.

Ce qui fortifie encore cette conjecture, & qui fait voir du moins, que ſouvent la cauſe des variations du barometre commence par agir ſur les couches les plus élevées, c'eſt la conſidération de ces fines pommelures qui accompagnent la baiſſe du barometre, & qui par le tems le plus beau & le plus ſerein annoncent pluſieurs jours à l'avance le retour de la pluie. Leur grande élévation, (§. 276), ne ſemble-t-elle pas prouver que c'eſt du haut de l'atmoſphere que viennent les eaux dont elles nous prédiſent la chûte.

D'ailleurs j'ai ſouvent obſervé, que mes hygrometres expoſés en plein air ſe ſoutenoient même pendant la pluie, à pluſieurs degrés au-deſſus de l'humidité extrême ; & cela prouve qu'alors ce ne ſont point les couches inférieures de l'atmoſphere qui verſent leur eau par l'excès de leur ſaturation, mais

que ce font celles d'en-haut qui feules font fuperfaturées au point de laiffer tomber la leur.

§. 305. Il me refte maintenant à faire voir, comment en attribuant aux vents les principales variations du barometre, on peut encore rendre raifon de leurs rapports avec la pluie & le beau tems.

Rapports des mouvemens du barometre avec la pluie.

En hyver.

Déja tout le monde convient, qu'en hyver les phénomenes ne cadrent point mal avec cette caufe; parce que les vents qui viennent à nous chargés de vapeurs & qui nous apportent la pluie, font pour l'ordinaire des vents de fud & de fud-oueft, qui par leur chaleur peuvent en même tems dilater l'air & le rendre plus léger.

Et s'il eft vrai, comme le dit Mr. de Luc, qu'il y a des vents chauds qui font monter le barometre, j'obferverai d'abord que c'eft un cas finguliérement rare: je dirai enfuite, que ce phénomene ne prouve autre chofe, finon que la chaleur n'eft pas la feule caufe qui faffe baiffer le barometre. Car il eft évident que fi dans le moment où la chaleur tendroit à le faire defcendre, plufieurs autres caufes viennent à concourir pour le faire monter; elles pourront quelquefois contrebalancer & même furmonter l'action de la chaleur.

En été.

§. 306. Quant à l'été, les argumens de Mr. de Luc contre l'influence de la chaleur font beaucoup plus fpécieux. En effet les vents de fud & de fud-oueft qui font baiffer le barometre, font auffi quelquefois baiffer le thermometre; & il femble que fi l'influence de la chaleur eft auffi grande que

je le dis, l'air en ſe refroidiſſant devroit auſſi ſe condenſer & qu'ainſi le barometre devroit monter au lieu de deſcendre.

Mais dans quel cas les vents méridionaux ſont-ils froids en été ? C'eſt quand ils ſont accompagnés de pluie. Or c'eſt alors la pluie qui refroidit l'air & non point le vent ; & la pluie le refroidit parce qu'elle nous apporte la température froide des couches élevées de l'atmoſphere. Ces mêmes pluies, quoiqu'elles nous paroiſſent froides en été, viennent pourtant d'un air réchauffé par le vent méridional qui a apporté l'humidité qu'elles ont verſée. On peut donc établir comme un fait certain, que même en été les vents méridionaux augmentent la chaleur moyenne de l'atmoſphere.

Autre objection.

§. 307. Mais il ſemble que l'on pourroit faire une objection bien plus ſpécieuſe encore contre l'explication que j'ai adoptée pour rendre raiſon de l'accord qui ſe rencontre quelquefois entre les variations du barometre & l'humidité ou la ſéchereſſe de l'air. Et cette objection paroîtroit une conſéquence des principes mêmes que j'ai poſés ſur la nature & la formation des vapeurs.

Ce ſeroit de dire, que s'il étoit vrai que ce fût la condenſation de l'air par le froid, qui fît monter le barometre, ce même froid devroit diminuer la force diſſolvante de l'air, condenſer les vapeurs & produire la pluie : que, par conſéquent, la hauſſe du barometre étant l'effet du froid, elle devroit être l'indice le plus certain de la pluie & non celui du beau tems. La chaleur au contraire augmentant la force diſſolvante de l'air,

devroit

devroit en rendant l'air plus léger & en faisant baisser le barometre, annoncer avec certitude un tems clair & serein.

§. 308. J'AVOUE que cette objection, quand elle se fut présentée nettement à mon esprit m'embarrassa pendant quelque tems. Enfin en méditant profondément sur ce sujet & en suivant pied à pied la marche de la Nature dans cette opération, je suis venu à résoudre cette difficulté d'une maniere qui m'a paru satisfaisante. Solution de cette objection.

LES vents les plus froids qui regnent en Europe, sont les vents de Nord. Ils font aussi pour l'ordinaire monter le barometre. Mais ces vents sont en même tems les plus secs. Or un air qui paroît sec malgré le froid, est par cela même plus sec encore qu'il ne paroît l'être. Ces vents étant donc très-secs par eux-mêmes, c'est en vain qu'ils refroidissent les couches supérieures de l'atmosphere, la sécheresse qu'ils y apportent leur donne la faculté de retenir les vapeurs que le refroidissement tendroit à en séparer. D'ailleurs ces vents chassent devant eux l'air qui étoit au-dessus de nos têtes avant leur arrivée, & lui substituent l'air froid, sec & dense dont ils sont eux-mêmes composés. Ainsi nous avons tout à la fois le barometre haut, & un tems clair & serein.

MAIS si un vent de Nord en même tems qu'il est froid étoit aussi humide, alors nous aurions tout à la fois la pluie, & le barometre élevé; & on diroit, comme on le dit si souvent, que le barometre nous trompe. Si même, sans être humide, un air froid survenoit tout-à-coup, dans un tems où l'atmosphere seroit remplie de vapeurs, cet air commenceroit par les

condenser & il pleuvroit jusqu'à ce qu'il les eût entiérement balayées. C'est précisément ce que MUSSCHEMBROEK a observé en Hollande; *Venti orientales in Belgio frigidi, & gelu advehunt..... solent esse sicci cum sereno cælo, inprimis si diutiùs spirent, sed si celeriter post ventos occidentales adventent, nubes ab occidentalibus adlatas revehunt; tùm in principio sunt pluviosi sæpè uno alterove die, posteà tamen sicci & salubres.* Introd. ad. Philos. T. II. §. 2598.

LES mêmes raisonnemens s'appliquent aux vents méridionaux; ils sont en même tems chauds & humides, & prodigieusement humides s'ils paroissent tels malgré leur chaleur. Si donc un tel vent s'éleve à une grande hauteur, en même tems qu'il réchauffe l'air froid qu'il y trouve, il se refroidit lui-même, & dépose ainsi une partie des vapeurs qu'il tenoit en dissolution; ces vapeurs s'accumulent & produisent enfin de la pluie. Si ce même vent étoit sec, il feroit bien également baisser le barometre, mais alors le barometre nous tromperoit, car il ne surviendroit point de pluie & ce seroit un de ces vents, que nous appellons des *vents blancs*, qui sont en été le fléau des campagnes, parce qu'ils dessechent & brûlent tout ce qui se trouve sur leur passage.

Incertitude des prédictions du barometre.

§. 309. AU reste l'hypothese qui expliquera les variations du barometre doit, pour être d'accord avec les phénomenes, ne point donner au beau tems & à la pluie, ni aux causes dont ces météores dépendent une trop grande influence sur ces variations. Car on sait que le marquis POLÉNI sur 1175 pluies qui sont tombées à Padoue pendant 12 ans, n'en a trouvé que 758, qui aient fait baisser le barometre; c'est-à-

dire, que sur 1000 prédictions du barometre il n'y en a eu que 645 de vraies. Or il faut observer, que lors-même que les mouvemens du barometre n'auroient absolument aucun rapport avec la pluie, sur mille fois qu'il pleuvroit, le barometre descendroit 500 fois; ce qui réduit à bien peu de chose l'influence qu'a eu la pluie sur les variations du barometre.

Les observations de Mr. Van Swinden à Franeker en Frise, confirment celles du marquis Poléni & vont même plus loin encore, car il a vu une année (1778) pendant laquelle les prédictions du barometre ont été aussi souvent fausses que vraies. Cependant ce célebre physicien, en calculant ses observations suivant la méthode de Mr. Horsley a prouvé l'influence réelle qu'a la pluie sur la hauteur du barometre. Car il résulte de ses calculs qu'en 1778 & 1779 la hauteur moyenne du barometre pendant qu'il pleuvoit a été moins grande que la moyenne de la totalité de l'année: la différence en 1778 a été de 2,595 lignes du pied de Rhin, & en 1779, 1,751. Et cela doit bien être ainsi suivant les principes que nous avons posés d'après les expériences sur la densité des vapeurs.

§. 310. Je n'entrerai point dans de plus grands détails; mais je crois devoir avertir de nouveau, que quoique j'attribue à la chaleur & aux vents les principales variations du barometre, je ne nie cependant point l'influence des vapeurs: je l'ai au contraire démontrée par des expériences directes, & je n'ai fait que restreindre ses effets d'après ces mêmes expériences. Je ne nie point non plus l'influence des modifications chymiques de l'air, telles que l'absorption ou la génération d'une certaine quantité d'air pur, le mélange de quelques especes d'air dont la Conclusion.

pesanteur spécifique est plus grande ou plus petite que la pesanteur moyenne de l'air commun, &c.

Je dirai même plus, il me paroît vraisemblable que les physiciens découvriront quelque nouvelle cause des variations du barometre : au moins est-il certain que celles que nous connoissons sont insuffisantes pour expliquer tous les phénomenes. Pourquoi, par exemple, les vents d'Est, quoique froids & secs, font-ils ordinairement baisser le barometre en Angleterre & en Hollande, suivant les observations de Mrs. Horsley & Van Swinden ; tandis que les vents d'Ouest, qui sont humides & tempérés le font communément monter ? C'est ce dont aucune hypothese à moi connue ne peut donner une raison satisfaisante.

CHAPITRE IV.

COMMENT IL FAUT SITUER ET OBSERVER L'HYGROMETRE.

Fautes à éviter.

§. 311. Il y a long-tems que les physiciens ont senti combien il étoit absurde d'observer le thermometre dans l'intérieur d'une chambre lorsqu'on vouloit connoître le degré de chaleur de l'air extérieur. Sans doute on sentira aussi qu'on ne peut juger de l'humidité de l'air extérieur qu'autant que l'on tient son hygrometre exposé à toutes les influences de cet air. Il faut donc pour des observations météorologiques tenir l'hygrometre en dehors d'une fenêtre, mais cela même ne suffiroit pas si l'on étoit curieux d'une très-grande exactitude. Car si l'hygrometre est suspendu même à un pied de distance en dehors d'une fenêtre exposée au soleil, l'action directe du soleil, & bien plus encore la réverbération de la chaleur qu'il imprime à la face de la maison dans laquelle cette fenêtre est située, fait indiquer à l'hygrometre un degré d'humidité fort inférieur à celui qu'il indiqueroit au milieu de la campagne. Et si au contraire l'hygrometre est suspendu à l'ombre d'une maison, il indiquera une humidité plus grande que celle de l'air libre, sur-tout si la maison est grande, & si la fenêtre donne sur des cours sombres, humides, où l'air ne joue pas avec liberté.

Maniere d'obſerver dans la campagne.

§. 312. La maniere la plus exacte de connoître avec cet inſtrument l'état précis de l'air eſt de le ſuſpendre en raſe campagne au haut d'une canne ou d'un pieu dont le diametre n'excede pas de beaucoup l'intervalle compris entre le cheveu & la boule du thermometre joint à l'hygrometre. On peut tourner la canne de maniere qu'elle tienne à l'ombre le cheveu & l'hygrometre, & qu'elle les garantiſſe ainſi l'un & l'autre de l'action immédiate des rayons du ſoleil, ſans produire une maſſe d'ombre qui rendre l'air ſenſiblement plus froid & plus humide.

Cette méthode eſt auſſi la ſeule de connoître au juſte la chaleur de l'air extérieur : car les thermometres ſitués auprès des maiſons ſoit au ſoleil ſoit à l'ombre ſont plus ou moins affectés par ces maſſes qui ſont toujours lentes à ſuivre les modifications variables de l'atmoſphere.

Dans une maiſon.

§. 313. Cependant on ne peut pas raiſonnablement exiger que l'amateur de météorologie qui veut obſerver de jour à jour & d'heure à heure les variations de ſes inſtrumens aille à chaque fois les conſulter au milieu de la campagne. On peut donc réſerver ces précautions pour les cas où il importe d'avoir avec une extrême préciſion l'état de l'air extérieur ; & dans le cours ordinaire des obſervations ſe contenter d'écarter ſes inſtrumens des grandes maſſes qui ſont manifeſtement plus chaudes ou plus froides, plus ſeches ou plus humides que l'air extérieur.

Je tiens mon hygrometre d'obſervation ſuſpendu en dehors & en face d'une fenêtre & je l'obſerve au travers de la vitre avec une loupe de 6 pouces de foyer. Le ſoleil ne frappe

jamais cette fenêtre, ou du moins il ne l'éclaire qu'obliquement & pendant peu de momens, & la rue sur laquelle elle est située étant percée du nord-est au sud-ouest, les vents les plus fréquens dans notre vallée y renouvellent l'air continuellement.

Mais si l'on ne pouvoit pas trouver dans le lieu qu'on habite une place où l'hygrometre fût toujours à l'abri des rayons du soleil, & dont l'air se renouvellât avec facitité; il faudroit, lorsque le soleil viendroit frapper la face de la maison sur laquelle est l'hygrometre, le porter & l'observer sur la face opposée. Il faut aussi avoir la précaution de ne pas le laisser suspendu à une fenêtre contre laquelle la pluie ou les orages viennent battre avec violence, il courroit le risque d'en être dérangé. Il faut enfin se rappeller les précautions indiquées dans les § § 35, 68, & 70.

§. 314. Au reste on peut avec l'hygrometre à cheveu observer sans s'arrêter en marchant, & même à cheval l'humidité de l'air. Il suffit d'avoir l'attention de tenir l'instrument éloigné de son corps, pour qu'il ne soit pas affecté par sa chaleur, & de le pencher un peu, pour que la soie qui porte le contre-poids s'enveloppe en partie autour de la poulie & ne fasse pas des oscillations qui la dégagent de la gorge de cette même poulie. On le redresse & on l'approche brusquement de l'œil dans le moment où on veut l'observer : je dis *brusquement*; car c'est toujours ainsi qu'il faut approcher cet instrument, sans quoi la chaleur du corps le fait marcher sensiblement au sec. C'est une chose très-curieuse que de porter ainsi cet instrument lorsque l'on se promene, on le voit faire

Observations en voyage.

des variations sensibles suivant la situation des lieux par lesquels on passe.

J'AI pour le voyage de petits hygrometres, dont les dimensions sont les mêmes que celles de la figure 2^e^. de la planche premiere, un petit thermometre monté en métal est fixé au milieu de l'espace vuide qui sépare les deux montans du cadre; le tout se renferme dans un étui plat de bois mince & léger, & peut se porter à la poche sans le moindre embarras. Lorsqu'on veut connoître l'état de l'air, on sort l'instrument de son étui, on le suspend avec une épingle à une canne ou à un arbre, ou bien on le porte à la main, & après qu'il est resté 10 ou 12 minutes en expérience il indique & la chaleur & l'humidité du lieu dans lequel on l'a placé. Dans ces observations j'emploie toujours une loupe; on en retire deux avantages, d'aggrandir les divisions & d'aider à éviter les erreurs qui peuvent naître de la parallaxe.

CHAPITRE

CHAPITRE V.

DE L'ACTION DES RAYONS DU SOLEIL SUR L'HYGROMETRE A CHEVEU.

§. 315. JE doutois d'abord qu'un corps auſſi délié que le cheveu & tranſparent comme lui fût affecté par les rayons du ſoleil. En effet il ſemble qu'un corps très-mince & environné d'un air qui ſe renouvelle ſans ceſſe ne doit pas s'échauffer ſenſiblement plus que cet air, & les rayons du ſoleil ne me paroiſſoient pouvoir contribuer à la formation des vapeurs & au deſſéchement d'un corps, que par la chaleur qu'ils lui impriment. Mes premieres expériences confirmerent ce ſoupçon ; un de mes hygrometres expoſé au ſoleil ne marchoit point à l'humide lorſque je faiſois tomber ſur lui l'ombre d'un carton dont la grandeur n'excédoit que de très-peu celle de l'inſtrument & que je tenois éloigné de lui à la diſtance de 4 pieds au moins : il ne marchoit pas non plus au ſec lorſque je lui rendois la lumiere.

L'action d'un ſoleil pâle n'affecte point l'hygrometre.

§. 316. MAIS ces expériences, répetées un jour où le ſoleil étoit plus brillant & plus vif me firent voir une variation d'environ 2 degrés. Le treizieme mai 1781 à une heure après midi l'hygrometre au ſoleil étoit à 63, 3 & le thermometre à 21. L'ombre du carton fit faire à l'hygrometre 1, 7 vers l'humide, & au thermometre 1, 3 vers le froid. En rendant le ſoleil l'hygrometre retourna au ſec de 2, 2 & le thermometre monta de 3, 2. Ces effets étoient, comme on le voit irréguliers &

Mais un ſoleil vif le fait aller au ſec.

variables & il y en eut d'autres qui le furent encore davantage.

C'est pourquoi, comme il paroît impossible de trouver une maniere sûre de tenir compte de l'action des rayons directs du soleil sur le cheveu de l'hygrometre, j'ai conseillé de le placer à l'ombre lorsque l'on fait des observations qui exigent de la parité & de l'exactitude.

CHAPITRE VI.

DES HEURES DU JOUR OU REGNENT LA PLUS GRANDE HUMIDITÉ ET LA PLUS GRANDE SÉCHERESSE.

L'heure la plus feche du jour eſt entre 3 & 4.

§. 317. ON feroit tenté de croire, que l'heure la plus chaude de la journée doit auſſi être la plus ſeche. Cependant cela n'eſt point ainſi. Si le tems eſt pendant tout le jour parfaitement uniforme, c'eſt-à-dire, ou toujours clair ou toujours également couvert, ou toujours calme ou avec un vent régulier & également ſoutenu, l'hygrometre va au ſec à meſure que l'atmoſphere ſe réchauffe par l'action du ſoleil, & il continue d'aller au ſec lors même que la chaleur de l'air commence à diminuer : la ſéchereſſe n'atteint ſon plus haut terme que deux heures ou deux heures & demie après que la chaleur a paſſé le ſien.

Le moment le plus chaud de la journée étant donc communément dans nos climats entre une heure & demie & deux heures de l'après-midi, le moment de la plus grande ſéchereſſe eſt en été vers les quatre heures. En hyver les termes ſe rapprochent un peu davantage ; cependant le même phénomene eſt toujours très-ſenſible, le moment le plus ſec eſt vers les trois heures & même quelquefois plus tard.

Confidérations fur ce phénomene.

§. 318. Si cette obfervation eût été faite avec un inftrument pareffeux, on pourroit en attribuer la caufe à la lenteur même de l'inftrument. Mais comme l'hygrometre à cheveu fuit les variations de l'humidité auffi vîte que le thermometre fuit celles de la chaleur; il faut néceffairement que la caufe de ce fait fe trouve dans la nature même de l'air & des vapeurs.

Ce phénomene eft d'autant plus remarquable, qu'il faut que l'air fe deffeche beaucoup pour que l'hygrometre marche au fec pendant que le tems fe refroidit, Car il faudroit déja que l'air fe deffêchât pour que l'hygrometre demeurât ftationnaire tandis que cet air perd de fa chaleur; en effet un hygrometre renfermé dans un vafe plein d'air & exactement luté marche au fec tant que le vafe fe réchauffe & retourne à l'humide dès qu'il commence à fe refroidir.

Conféquence qui en réfulte.

§. 319. Cette obfervation prouve donc, que les vapeurs que la chaleur du foleil fait fortir de la terre ne s'arrêtent pas dans les couches inférieures de l'air, mais qu'elles s'élevent continuellement & fe difperfent dans les hautes régions de l'atmofphere.

Cette même conféquence eft confirmée par un autre fait, c'eft que dans les tems même les plus calmes, fi la terre eft humide & que le foleil brille pendant plufieurs jours confécutifs, cette terre fe deffeche continuellement, quoique les rofées lui rendent foir & matin une grande partie des vapeurs dont les couches inférieures de l'air s'étoient chargées.

Le moment le plus humide est une heure après le lever du soleil

§. 320. De même que le moment de la plus grande sécheresse ne coïncide pas avec celui de la plus grande chaleur, celui de la plus grande humidité ne tombe pas non plus sur celui du plus grand froid. Dans un tems parfaitement uniforme, le moment le plus froid du jour est celui du lever du soleil. Or il arrive souvent que le soir après la chûte d'une abondante rosée l'air dépouillé en partie de ses vapeurs laisse revenir l'hygrometre un peu au-dessous du terme de l'humidité extrême, tellement que pendant la nuit & au moment qui précede le lever du soleil, il est à 94 ou 95 degrés. Ensuite lorsque le soleil se leve, ses rayons en tombant sur la terre, qui alors est couverte de l'humidité de la rosée, en font sortir des vapeurs; & la quantité de ces vapeurs est telle, dans les premiers momens, que quoique l'air commence à se réchauffer, & devienne ainsi capable d'en dissoudre davantage, cependant il s'en éleve assez pour le saturer, ou du moins pour augmenter & son humidité réelle & son humidité apparente. Mais enfin une heure ou une heure & demie après le lever du soleil, la partie de la rosée la plus disposée à l'évaporation se trouve dissipée & la chaleur de l'air est augmentée au point que les vapeurs qui s'élevent n'augmentent plus son humidité apparente. Dès lors l'hygrometre marche continuellement à la sécheresse.

La rosée du soir est quelquefois assez abondante pour faire aller l'hygrometre au terme de l'humidité extrême. Elle produit cependant cet effet beaucoup plus rarement que celle du matin.

Au reste, on doit aisément comprendre, que des circons-

tances locales & particulieres, & les variations que fubit quelquefois l'atmofphere par des caufes accidentelles & qui échappent à nos fens, peuvent fouvent modifier ces regles générales.

CHAPITRE VII.

DES CAUSES QUI PRODUISENT DANS L'ATMOSPHERE LES PLUS GRANDES SÉCHERESSES ET LA PLUS GRANDE HUMIDITÉ.

Circonstances des plus grandes sécheresses que j'aie observées.

§. 321. C'Est une chose très-remarquable, que le vent de sud-ouest qui en général est chez nous un vent humide & qui nous amene ordinairement la pluie, soit cependant celui qui a fait deux fois descendre l'hygrometre au point de la plus grande sécheresse où je l'aie jamais observé à l'air libre.

Mais en examinant attentivement les circonstances qui ont accompagné ce phénomene, j'en ai trouvé, à ce que je crois, la cause.

Le vent, qui est communément le plus sec dans notre pays est la bize ou le nord-est. Si ce vent regne pendant plusieurs jours par un tems serein, (1) il desseche réellement l'air à un très-haut degré; mais comme il est ordinairement frais, sa fraicheur tempere ou cache du moins sa sécheresse réelle. Si donc après que l'air & la terre ont été ainsi réellement desséchés par le vent de nord-est, il saute tout-à-coup au sud-ouest, le tems continue d'abord d'être clair & serein, se réchauffe considérablement, & cependant l'air que nous apporte

(1) Je dis *par un tems serein*, parce qu'elle peut être très-humide si elle souffle par un ciel couvert de nuages peu élevés.

ce vent au commencement de ſon regne, n'eſt pas encore l'air humide de la Méditerranée dont nous ſommes éloignes d'environ 75 lieues en ligne droite ; c'eſt un air ſec qui vient des terres ſituées au ſud & au ſud-oueſt de notre pays. Mais ſi le même vent continue, il nous amene bientôt l'air chargé des vapeurs de la mer & alors l'hygrometre va à l'humide quoique la chaleur augmente, le ciel ſe couvre de nuages, & la pluie vient ordinairement le troiſieme jour après que ce vent a commencé à ſouffler.

Premier exemple.

§. 322. C'EST ce que j'obſervai au mois de mars de l'année derniere 1781. Le tems avoit été beau & ſec pluſieurs jours conſécutifs pendant leſquels la bize avoit régné, au moins depuis neuf heures du matin juſqu'au ſoir.

Le 25 à 3 heures 15 minutes, qui fut le moment le plus ſec de la journée, l'hygrometre vint à 44 degrés & le thermometre à 15. Le lendemain 26 le vent dans la matinée tourna au ſud-oueſt, & dans l'après-midi l'hygrometre vint à 41 & le thermometre à 19.

LE vent de ſud-oueſt augmenta donc la ſéchereſſe de 3 degrés, mais ce fut par ſa chaleur & non par ſa ſéchereſſe : en effet il faut que l'air fût déja un peu plus chargé de vapeurs qu'il n'étoit la veille, puiſqu'au point où il ſe trouvoit, une augmentation de 4 degrés dans la chaleur auroit dû en produire une de 4 dans la ſéchereſſe, & le changement ne fut que de 3. Le lendemain 27 l'humidité monta à 50 au moment le plus ſec de la journée & le 28 il plut.

§. 323. Je fis au mois de juillet de la même année une observation du même genre, mais bien plus frappante encore. J'étois allé passer quelques jours dans la vallée de Chamouni pour revoir quelques montagnes dont la description doit entrer dans le second volume de mes voyages. Le tems étoit beau, sec, la bize souffloit depuis plusieurs jours: cependant je n'avois pas vu mes hygrometres descendre au-dessous du 62e. degré, le thermometre étant autour du 15e. Le 25 du mois, le vent sauta tout-à-coup au Sud-Ouest & à 3 h. de l'après-midi l'hygrometre vint à 41, 2. Ici donc l'hygrometre, de l'heure la plus seche d'un jour à la plus seche du lendemain fit une variation d'environ 20 degrés vers la sécheresse. Mais comme le thermometre ne monta qu'à 19, 2 & qu'au terme où étoit l'hygrometre une variation d'environ 4 degrés dans la chaleur ne peut point en expliquer une de 20 dans l'humidité, il faut nécessairement recourir à quelque autre cause.

Second exemple.

Or ici je ne vois rien de plus naturel que de supposer, suivant les principes de Mr. du Carla, que ce vent en traversant les hautes montagnes des Alpes qui se trouvoient sur sa route au-dessus de la vallée de Chamouni, avoit déposé une partie des vapeurs qu'il tenoit en dissolution. En effet les hautes cimes étoient alors enveloppées de nuages. Ce même vent déposoit aussi son humidité dans les hautes régions de l'air; le ciel étoit uniformément couvert de grandes pommelures beaucoup plus élevées que le Mont-Blanc & même que le nuage dont sa cime étoit coiffée. Il plut dès le lendemain matin.

Ces deux cas sont ceux où j'ai observé les plus grandes sé-

cheresses depuis le mois de janvier 1781, tems auquel mes hygrometres furent assez perfectionnés pour que je pusse compter sur leur graduation.

Humidité extrême 1°. dans les brouillards & les nuages.

§. 324. Quant à l'humidité extrême, on a de fréquentes occasions de l'observer. Premiérement toutes les fois que l'hygrometre est plongé, soit dans les brouillards des plaines, soit dans les nuages qui entourent les cimes des hautes montagnes. En effet j'ai fait voir que les vésicules aqueuses qui composent les brouillards & les nuages ne peuvent demeurer permanentes que dans un air complétement saturé. Si l'air contient moins d'humidité qu'il n'en faut pour le saturer, ces vésicules s'y dissolvent & se changent en vapeurs élastiques transparentes. C'est ce que l'on voit lorsqu'on ouvre la fenêtre d'une chambre chaude dans le moment d'un brouillard épais, le brouillard entre avec l'air extérieur, mais il se fond& disparoît à mesure qu'il pénetre dans la chambre.

Cependant si l'air n'est pas bien éloigné du point de saturation & que la masse du brouillard ou du nuage soit un peu considérable, il lui faut quelque tems pour se dissoudre, & l'air peut ainsi pendant quelques momens contenir du brouillard sans être complétement saturé. C'est ce que j'ai observé sur le haut du Mont-Brevent le 23 juillet 1781 entre 9 & 10 heures du matin. Il y avoit eu ce même matin dans toute la vallée de Chamonui que domine cette montagne & sur toute la pente de la montagne même, une gelée blanche très-abondante. Lorsque le soleil fut levé, il commença à fondre & à vaporiser cette rosée tandis qu'il réchauffoit les rocs nuds & taillés à pic dont est composée la cime de cette montagne. Il se forma bientôt, comme cela

arrive toujours dans ces cas là, un vent vertical contre la face orientale de la montagne; & ce vent amenoit de tems en tems au sommet, de petits nuages qui s'étoient formés dans les forêts & les prairies situées au-dessous des rocs. Mes hygrometres étoient suspendus à 4 pieds au-dessus de la cime du rocher à l'ombre d'une petite croix. Lorsqu'il ne passoit point de nuages, ils se tenoient autour du 87e. degré, mais pendant que le nuage passoit ils venoient environ au 95e. Le thermometre à l'ombre de la même croix se tenoit à 5 degrés au-dessus de o. Ces nuages passagers, minces & criblés par les rayons du soleil ne pouvoient donc pas faire venir l'hygrometre au terme de la saturation, comme ils auroient fait s'ils eussent été permanens.

§. 325. J'ai déja dit que les fortes rosées ramenent l'hygrometre au terme de l'humidité extrême, & que quelquefois après y avoir été conduit par la rosée du soir, il s'en écarte un peu pendant la nuit, pour y revenir après le lever du soleil.

2°. Pendant une forte rosée ou une nuit calme après la pluie

J'ajouterai, que souvent dans les nuits fraiches & calmes qui succédent à des jours pluvieux, l'hygrometre se fixe au terme de l'humidité extrême sans s'en écarter; lors même que le tems est parfaitement clair & que les astres paroissent étincelans de la plus brillante lumiere. Et rien ne prouve mieux la dissolution des vapeurs dans l'air, que de voir qu'il peut en être saturé, & jouir en même tems de la plus parfaite transparence.

3°. Les pluies qui tombent de nuit par le calme.

§. 326. J'ai observé avec assez de surprise, que dans notre pays du moins, l'air est très-rarement saturé d'humidité dans le moment de la pluie. Je n'ai jamais vu l'hygrometre venir de jour par la pluie au terme de l'humidité extrême, à moins que l'air ne fût en même tems chargé de brouillards, ou que les nuages ne fussent suspendus au-dessus de nos têtes à la distance d'un petit nombre de toises. S'il pleut dans le milieu du jour, l'hygrometre suspendu à 5 ou 6 pouces en dehors de la fenêtre & garanti du contact même des gouttes par un petit avant-toit, se tient communément entre 90 & 95 degrés. Je vis même le 23e. du mois de mars dernier (1782) entre onze heures & midi une pluie à verse, pendant laquelle l'hygrometre ne vint qu'à 84 degrés $\frac{3}{4}$, (1) le thermometre étant à $8\frac{1}{2}$. Il est vrai qu'il souffloit un vent de sud extrêmement fort, & je l'ai déja remarqué ailleurs, les vents violens tiennent toujours l'air éloigné du point de saturation.

Meme pendant la nuit, la plus forte pluie, si elle est accompagnée de vent, ne fait point venir l'hygrometre au terme de l'humidité extrême. Ce ne sont donc que les pluies accompagnées de brouillards, ou celles qui tombent pendant la nuit & par le calme qui rassasient d'humidité l'air que nous respirons. La neige n'a pas à cet égard plus d'efficace que la pluie.

(1) Le peu d'influence de cette pluie sur l'humidité de l'air étoit d'autant plus remarquable, qu'il avoit beaucoup plu la veille, & que dans le moment de l'observation, à 11 h. 40′ du matin, le barometre approchoit du point le plus bas où on le voie à Geneve. Il étoit à 26 pouces 1 ligne $\frac{9}{16}$. Le même jour vers les 4^{h}. $\frac{3}{4}$, il descendit encore d'une ligne & demie plus bas.

CHAPITRE VIII.

DIVERSES APPLICATIONS DES TABLES QUI SERVENT A RE'DUIRE AU MEME DEGRE' DE CHALEUR LES OBSERVATIONS HYGROME'TRIQUES.

§. 327. ON peut faire divers uſages intéreſſans des tables deſtinées à comparer entr'elles des obſervations faites à des degrés de chaleur différens. J'ai promis d'en donner des exemples & c'eſt à cela qu'eſt deſtiné ce chapitre. Introduction.

IL importe ſouvent de comparer entr'elles des obſervations faites dans un même lieu à différentes heures d'un même jour, pour voir ſi *l'humidité réelle*, c'eſt-à-dire, la quantité abſolue de l'eau contenue dans l'air augmente ou diminue. Car, on ne ſauroit trop le répéter, l'hygrometre ne nous montre que *l'humidité apparente*, c'eſt-à-dire la diſpoſition plus ou moins grande de l'air à ſe deſſaiſir des vapeurs dont il eſt chargé. Et ſouvent par un effet de la chaleur, l'hygrometre va au ſec, & par conſéquent l'humidité apparente diminue, lors même que la quantité d'eau diſſoute dans l'air ou l'humidité réelle augmente ſenſiblement.

§. 328. AINSI le 5e. Avril de cette année 1782, à 9 heures du matin l'hygrometre étoit à 80 & le thermometre à 4 $\frac{1}{2}$: L'après midi un peu après 4 heures le même hygrometre vint à 76, 5 & le thermometre à 8. Les deux inſtrumens varierent donc l'un & l'autre de 3 degrés $\frac{1}{2}$. Mais en conſultant Diminution de l'humidité apparente & augmentation de la réelle.

la table du § 92, je vois que quand l'hygrometre eſt à 80 degrés, une augmentation de 3 ½ degrés dans la chaleur doit, ſi la quantité des vapeurs demeure la même, le faire venir à 72, 35 (1) c'eſt-à-dire, lui faire faire une variation de 7 degrés 65 centiemes. Puis donc que l'hygrometre a fait 4, 15 degrés vers la ſéchereſſe de moins qu'il ne devoit faire par l'effet de la chaleur, c'eſt une preuve que l'air s'eſt chargé de nouvelles vapeurs, & que par conſéquent l'humidité réelle a augmenté quoi que l'humidité apparente ait diminué.

Diminution réelle & apparente de l'humidité.

§. 329. Quelquefois au contraire, & c'eſt ce qui arrive lorſque le tems eſt beau & doit l'être encore, les vapeurs s'élevent, l'air s'en dépouille & la ſéchereſſe réelle augmente en même tems que la ſéchereſſe apparente. Par exemple le 17 Avril 1781 à 5 heures ½ du matin l'hygrometre étoit à 93 & le thermometre à 3 ½. A 4 h. de l'après midi l'hygrometre vint à 58, 2 & le thermometre à 15 ½. La chaleur augmenta donc du matin au ſoir de 12 degrés, & l'hygrometre alla au ſec de 34, 8. Si l'air n'eût ſubi d'autre changement que celui de la chaleur; l'hygrometre ne feroit venu qu'à 65, 35, c'eſt-à-dire, qu'il n'auroit varié que de 27, 65. Il a donc fait 7, 15 degrés vers la ſéchereſſe de plus qu'il n'eût fait par la ſeule augmentation de la chaleur : la quantité abſolue des vapeurs que l'air contient eſt donc moins grande qu'elle n'étoit le matin, & cette diminution doit être d'environ 1 grain ⅙ par pied cube, ſi l'on en juge par les proportions qu'indique la table du §. 176.

(1) J'ai détaillé dans la Note du parag. 177 la maniere de faire ce calcul.

§. 330. D'AUTREFOIS on trouve la variation de l'hygrometre proportionnelle à celle du thermometre. Ainsi le 5 mars de cette année l'hygrometre à 7 h. du matin étoit à 97 & le thermometre à + 1. Le soir à 4 h. l'hygrometre vint à 72 & le thermometre à 11. Je dis que la quantité des vapeurs dissoutes dans l'air demeura la même & que la variation de 25 degrés que subit l'hygrometre doit être considérée comme l'effet de la seule chaleur. Car si l'on prend la table, on verra qu'au 97 degré répond dans la troisieme colonne le nombre 1, 961; ce nombre augmenté de 10 dont le thermometre monta du matin au soir donne 11, 961, qui est à très-peu-près égal à 11, 829, vis-à-vis duquel est écrit le 72 degré.

Diminution de l'humidité apparente tandis que la réelle demeure la même.

§. 331. Nous avons jusques ici considéré les cas dans lesquels la chaleur augmente entre la premiere & la seconde observation : mais on peut avec la même facilité considérer ceux dans lesquels elle diminue. Par exemple, le 16 mars de cette même année à 3 h. $\frac{1}{2}$ du soir l'hygrometre étoit à 67 & le thermometre à 5, 2. Le même jour à 11 h. du soir le thermometre descendit à — 1, 8. Donc la variation dans la chaleur fut de 7 degrés. Or le nombre qui dans la table répond à 67 degrés de l'hygrometre est 14, 339. Donc par le seul changement de température l'hygrometre eut dû venir au nombre qui correspond à 14, 339 — 7 ou à 7, 339, c'est-à-dire, à 82. Mais il ne vint qu'à 77; il varia donc de 5 degrés de moins qu'il n'auroit dû faire par l'effet du refroidissement, ce qui prouve que dans l'intervalle des deux observations il perdit une partie des vapeurs dont il étoit chargé, environ un demi-grain par pied cube.

La même comparaison faite dans le cas où la chaleur diminue.

Comparaiſon de ſaiſons différentes.

§. 332. Mais ſi l'on compare entr'elles des obſervations faites dans des ſaiſons différentes; on verra des différences bien plus conſidérables encore entre l'humidité apparente ou celle qu'indique l'hygrometre & l'humidité réelle, ou celle qui eſt exprimée par la quantité abſolue des vapeurs que l'air tient en diſſolution.

Le 10 d'août 1781 à midi l'hygrometre étoit à 66 degrés, & le 18 de février de l'année ſuivante à 91. L'humidité apparente ou celle qu'indique l'hygrometre étoit donc de 25 degrés plus grande le 18 de février que le 10 d'août. Mais ſi l'on conſidere qu'au 10 d'août le thermometre étoit à + 22, 5 & qu'au 18 de février il étoit à — 9, 3, ce qui fait une différence de 31, 8, on verra qu'il eût fallu que l'hygrometre fît une variation d'environ 26 degrés plus grande pour ſe proportionner à une auſſi grande différence de température. Car ſi au nombre 4, 034 qui dans la table répond à 91 degrés, on ajoute 31, 8, on a 35, 834, auquel répond à très-peu près le 39e degré. Si donc l'air n'eût pas contenu au mois d'août plus de vapeurs qu'il n'en contenoit au mois de février, le degré de chaleur qui régnoit alors auroit fait venir l'hygrometre environ à 39 degrés. Puis donc qu'il n'a été qu'à 65, c'eſt une preuve qu'il étoit plus chargé de vapeurs d'une quantité qui répond environ à 26 degrés de l'hygrometre compris entre le 39 & le 65. Or par la derniere table du IId, eſſai ces degrés là indiquent une différence d'environ 2 grains $\frac{1}{2}$ par pied cube.

Je renvoie au chapitre ſuivant les exemples de comparaiſons entre des obſervations faites dans des lieux différens.

§. 333.

§. 333. Mais, comme je l'ai déja dit plusieurs fois, les calculs faits d'après ces tables doivent être regardés comme des approximations & non point comme des résultats exacts & précis. Je ne dissimulerai même pas, que la distance du point de saturation obtenue par la méthode de Mr. Le Roi, §. 56, ne s'accorde pas toujours avec celle que donnent mes tables. La surface extérieure d'un verre renpli d'eau froide commence à se couvrir de rosée lors même que cette eau n'est pas aussi froide qu'elle devroit l'être d'après les nombres exprimés dans ma table, & cela sembleroit indiquer que ces nombres sont trop grands. Ainsi, quand l'hygrometre est à 70 degrés, il faut, suivant ma table, un refroidissement de 12 degrés $\frac{8}{10}$ pour ramener l'air au terme de la saturation; & cependant j'ai éprouvé, qu'un jour où l'hygrometre étoit à 70 & le thermometre à 10, la surface extérieure d'un verre commençoit à se couvrir de rosée, lorsque l'eau contenue dans ce verre n'étoit que de 8 degrés $\frac{1}{2}$ plus froide que l'air, c'est-à-dire, quand le thermometre plongé dans cette eau se tenoit à $1\frac{1}{2}$.

La méthode de Mr. Le Roi ne donne pas exactement les mêmes résultats.

Je pensai que peut-être ce phénomene seroit propre au verre seul, mais j'obtins le même résultat dans un gobelet d'argent. Et cette expérience répétée dans d'autres circonstances a toujours donné des résultats à peu près proportionnels à celui que j'ai rapporté.

Cependant les expériences qui ont servi de fondement à ma table ont été faites avec tant de soin, & si souvent répetées; les phénomenes météorologiques sont d'ailleurs si bien d'accord avec elles, que la différence qui se trouve entr'elles & les ré-

ſultats de la méthode de Mr. Le Roi ne me paroiſſent point prouver l'inexactitude de cette table.

Raiſon de cette différence.

§. 334. Je croirois plutôt que les corps qui ont une maſſe ou une denſité conſidérables attirent l'humidité de l'air, la lui dérobent & l'accumulent à leur ſurface même avant qu'il en ſoit complétement ſaturé. Ainſi l'on voit certaines pierres, que l'on a nommées fort à propos des *hygrometres naturels*, s'humecter à leur ſurface, dans des tems où l'air eſt à la vérité humide, mais où il n'a pourtant point encore atteint le terme de l'humidité extrême. J'ai de même ſouvent obſervé de la roſée, lorſque les hygrometres n'indiquoient pas un air complétement ſaturé.

J'ai fait enfin une expérience qui eſt bien d'accord avec ces principes. J'ai appliqué verticalement contre une glace de miroir un de mes petits hygrometres: il s'eſt fixé à 66 degrés; j'ai ſoufflé contre cette glace au travers du cheveu, de maniere que la reſpiration humide ternit toute la partie de la glace contre laquelle étoit appliqué l'hygrometre. J'ai continué ſans interruption juſqu'au point de mouiller tout à fait la glace, & cependant l'hygrometre n'a jamais paſſé le 87^e^. degré. Or, ce n'étoit pas par pareſſe qu'il s'arrêtoit à ce point, car au moment où je ceſſois de ſouffler il rétrogradoit vers la ſéchereſſe avec une extrême promptitude. Le cheveu n'attire donc pas l'humidité de l'air comme le fait un corps maſſif & denſe; il ſuit & avec la plus grande célérité les variations de l'air; il n'eſt ſaturé que quand l'air l'eſt lui-même; & cet avantage qu'il doit à ſa grande ténuité eſt un des plus précieux pour l'hygrometrie.

Il seroit cependant curieux de dresser aussi suivant la méthode de Mr. Le Roi une table des différens degrés de refroidissement nécessaires pour produire de la rosée, suivant les différens degrés d'humidité de l'air. Mais il faut employer à ces expériences des vases de métal, parce que les verres, suivant qu'ils sont plus ou moins salins, attirent avec plus ou moins de force l'humidité de l'air. Je m'en occuperai un jour si je puis en avoir le loisir.

CHAPITRE IX.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES FAITES EN VOYAGEANT DANS LES ALPES.

But de ce voyage.

§. 335. AU mois de juillet de l'année derniere 1781, j'allai faire une courſe de trois ſemaines dans les hautes Alpes. Le but principal de cette courſe étoit de vérifier quelques obſervations importantes ſur la ſtructure des roches primitives, de viſiter quelques montagnes que je n'avois point encore vues & d'autres que je n'avois pas aſſez exactement obſervées. Mais je ſaiſis avec empreſſement cette occaſion de faire avec mon nouvel hygrometre quelques expériences ſur l'humidité de l'air à de grandes hauteurs. Ces expériences euſſent été plus intéreſſantes ſi j'avois pu avoir dans la plaine des obſervations correſpondantes; mais ne poſſédant alors que quatre de ces inſtrumens ſur l'exactitude deſquels je puſſe compter, je crus devoir les emporter tous, ſoit pour comparer leur marche, ſoit pour ne pas demeurer dépourvu ſi quelques uns d'entr'eux venoient à ſe déranger.

§. 336. Je présente ici sous la forme de table les observations que j'ai faites pendant les 22 jours qu'à duré ce voyage. Comme les différentes circonstances d'une même observation ne pouvoient être rapportées dans une ligne de ce format, j'ai considéré les deux pages situées vis-à-vis l'une de l'autre, comme n'en faisant qu'une seule : ainsi la premiere ligne de la page à droite doit être considérée comme la prolongation de la premiere de la page à gauche ; & pour qu'il n'y eût pas d'incertitude, j'ai répété le numéro de chaque observation. Ainsi le N°. 2 de la page 337, 339, 341, est la continuation de celui de la page 336, 338, 340, & ainsi des autres. Explication de la table d'observations météorologiques.

J'aurois voulu pouvoir donner pour chaque observation la hauteur du barometre comme j'ai donné celles de l'hygrometre & du thermometre ; mais souvent je n'ai pas eu le tems de les faire ; d'autres fois le robinet de mon barometre a été dérangé & alors je ne pouvois pas en faire usage qu'il n'eût été rajusté. Les nombres qui expriment les hauteurs sont des pouces, des lignes, des seiziemes de ligne & des dixiemes de ces seiziemes. Ainsi dans la quatorzieme observation le barometre étoit à 25 pouces, une ligne, quatre seiziemes de ligne & six dixiemes de seiziemes. Toutes ces hauteurs ont été corrigées suivant la méthode de Mr. de Luc, c'est-à-dire, qu'elles ont été réduites à ce qu'elles auroient été si le mercure eût eu constamment la température de 10 degrés du thermometre de Réaumur.

Les hauteurs des lieux qui forment la feconde colonne de la page à droite, font exprimées en toifes de France & ont été calculées, les unes fur des obfervations du barometre, les autres à l'eftime ; j'ai diftingué celles-ci par des aftérifques. (*). Celles donc qui ne font précédées d'aucun aftérifque font, ou des moyennes entre les réfultats de plufieurs obfervations barométriques faites foit dans ce voyage foit dans d'autres, ou le réfultat de l'obfervation même que préfente cette table, comparée avec celle que faifoit en même tems Mr. Pictet dans des lieux fitués aux environs de Geneve & dont il connoiffoit la hauteur au-deffus du Lac. (1) J'ai fait le calcul fuivant la méthode de Mr. de Luc, & pour avoir la hauteur au-deffus de la mer, j'ai ajouté à chaque hauteur $187\frac{2}{3}$ qui eft le nombre de toifes dont notre lac eft élevé au-deffus de la Méditerranée, fuivant les obfervations de ce même favant phyficien.

La colonne fuivante marquée *hygrometre* donne la moyenne entre les degrés qu'indiquoient mes hygrometres fufpendus à l'ombre, ou en plein air comme je l'ai dit §. 312, ou en dehors d'une fenêtre.

Les thermometres ont auffi toujours été expofés en plein air & à l'ombre comme les hygrometres auxquels ils étoient attachés : ils font de mercure, leur boule eft petite,

(1) J'emploie auffi à des comparaifons de ce genre des obfervations météorologiques faites avec autant de régularité que de précifion par Mr. Berguer, Doct. en Médecine à Morges.

nue; la division est celle qui porte le nom de Réaumur, c'est-à-dire, qu'elle est en 80 parties entre la glace fondante & l'eau bouillante quand le barometre est à 27 pouces; les nombres sont, comme pour l'hygrometre, des degrés & des dixiemes de degrés.

Num. des observations.	*Mois.*	*Jour.*	*Heure.*	*Lieu.*	*Hauteur du Barometre.*
1	Juillet	19	7 h. 30'. m.	Route de Geneve à la Bonneville.	
2	. .	. .	9 h. 17'. m.	Grand chemin près de la Bonneville.	
3	. .	. .	10 h. 2'. m.	Bonneville, fenêtre ſur la place.	
4	. .	. .	12 h. 47'. ſ.	Cluſe, fenêtre ſur vergers & ſur l'Arve.	
5	. .	. .	5 h. 55'. ſ.	Sallenche, jardin découvert.	
6	. .	. .	6 h. 10'. ſ.	Ibid. Gallerie ouverte ſur le jardin.	
7	. .	. .	10 h. ſ.	. . . . Ibidem.	
8	. .	20	5 h. 25'. m.	. . . . Ibidem.	
9	. .	. .	8 h. 40'. m.	Route de Sallenche à Chamouni.	
10	. .	. .	4 h. 20'. ſ.	Prieuré de Chamouni à la fenêtre. .	25. 0. 8, 9.
11	. .	. .	11 h. ſ.	. . . . . Ibid.	
12	. .	21	6 h. 15'. m.	. . . . . Ibid.	
13	. .	. .	11 h. 40'. m.	Forêt au-deſſus de l'Arveiron.	
14	. .	. .	3 h. ſ.	Prieuré de Chamouni à la fenêtre. .	25. 1. 4, 6.
15	. .	. .	11 h. 5'. ſ.	. . . . . Ibid.	
16	. .	22	7 h. 9'. m.	. . . . . Ibid.	25. 1. 6, 5.
17	. .	. .	9 h. m.	. . . . . Ibid.	
18	. .	. .	11 h. 30'. m.	. . . . . Ibid.	25. 1. 0, 4.
19	. .	. .	2 h. 20'. ſ.	A mi-côte entre le Prieuré & Plianpra.	
20	. .	. .	4 h. 22'. ſ.	Chalet de Plianpra.	22. 2. 0, 6.
21	. .	. .	6 h. 17'. ſ.	. . . . . Ibid.	
22	. .	. .	7 h. 30'. ſ.	. . . . . Ibid.	
3	. .	. .	8 h. ſ.	. . . . . Ibid.	
24	. .	. .	9 h. 10'. ſ.	. . . . . Ibid.	
25	. .	23	5 h. m.	. . . . . Ibid.	
26	. .	. .	5 h. 12'. m.	. . . . . Ibid.	
27	. .	. .	5 h. 50'. m.	. . . . . Ibid.	
28	. .	. .	5 h. 55'. m.	. . . . . Ibid.	
29	. .	. .	de 9 à 10 h.	Sommet de Mont-Brévan. . . .	20. 10. 11, 7.
30	. .	. .	3 h. 30'. m.	Chalet de Plianpra.	
31	. .	24	4 h. 30'. m.	Prieuré de Chamouni à la fenêtre.	
32	. .	. .	7 h. m.	. . . . . Ibid.	
33	. .	. .	3 h. ſ.	. . . . . Ibid.	25. 0. 0, 0.
34	. .	. .	6 h. ſ.	. . . . . Ibid.	
35	. .	. .	7 h. ſ.	. . . . . Ibid.	
36	. .	. .	7 h. 50'. ſ.	. . . . . Ibid.	
37	. .	. .	9 h. 40'. ſ.	. . . . . Ibid.	
38	. .	. .	10 h. 30'. ſ.	. . . . . Ibid.	
39	. .	. .	11 h. ſ.	. . . . . Ibid.	
40	. .	25	6 h. m.	. . . . . Ibid.	
41	. .	. .	6 h. 15'. m.	. . . . . Ibid.	

Num.

Num. des observations.	*Élévation du lieu sur la mer.*	*Hygrom.*	*Thermom.*	*État du Ciel.*
1	* 220	73, 8	15, 5	Bize foible, soleil pâle.
2	* 226	68, 5	19, 0	Calme, soleil vif, nuages épars.
3	228	70, 2	18. 0	. . . . . . Idem.
4	251	72, 1	18, 3	Soleil pâle, nuages épars, bize foible.
5	276	67, 0	17, 5	Couvert, bize foible.
6	278	Id.	Id.	. . . . . . Idem.
7	Idem.	78, 2	14, 0	Clair & calme.
8	Id.	87, 9	11, 5	Soleil, nuages épars, calme.
9	* 400	80, 6	12, 6	Couvert par places, calme.
10	526	70, 5	13, 5	Soleil, calme, nuages épars.
11	Id.	86, 2	9, 5	Parfaitement clair & calme.
12	Id.	92, 6	6, 2	. . . . . . Idem.
13	* 700	65, 8	14, 3	Soleil, bize foible.
14	526	62, 3	16, 0	Couvert, bize.
15	Id.	93, 0	9, 3	Couvert & calme.
16	Id.	95, 3	10, 7	Nuages peu au-dessus de nos têtes.
17	Id.	86, 1	12, 3	Nuages plus élevés.
18	Id.	80, 6	14, 6	Soleil, nuées à 400 toif. au-dessus de nous.
19	* 790	81, 1	10, 8	Couvert, bize foible.
20	1046	82, 5	7, 7	. . . . . . Idem.
21	Id.	81, 1	6, 5	. . . . . . Idem.
22	Id.	83, 8	6, 2	. . . . . . Idem.
23	Id.	84, 0	6, 0	. . . . . . Idem.
24	Id.	86, 7	5, 6	Clair & calme.
25	Id.	96, 4	3, 3	Clair & calme, forte gelée blanche.
26	Id.	Id.	Id.	Le soleil se leve.
27	Id.	99, 4	3, 7	Beau soleil.
28	Id.	100, 5	3, 6	Soleil, il commence à se former des nuages.
29	1306	(86, 8 94, 6)	5, 0	Soleil sans nuages. Nuages qui enveloppent le sommet de la mont.
30	1046	75, 2	12, 0	Soleil, nuages épars.
31	526	96, 3	4, 5	Clair & calme.
32	Id.	95, 5	7, 0	Soleil, calme, nuages à 500 toises.
33	Id.	63, 8	15, 7	Soleil pâle, bize foible.
34	Id.	66, 4	13, 6	Clair, bize foible.
35	Id.	80, 4	10, 7	Clair & calme.
36	Id.	90, 8	9, 1	. . . . . . Idem
37	Id.	96, 9	6, 7	. . . . . . Idem.
38	Id.	93, 8	6, 0	. . . . . . Idem.
39	Id.	97,	5, 6	. . . . . . Idem.
40	Id.	98, 5	4, 0	Parfaitement clair & calme.
41	Id.	98, 0	4, 2	. . . . . . Idem.

Num. des observations.	*Mois.*	*Jour.*	*Heure.*	*Lieu.*	*Barometre.*
42	*Juillet.*	25	9 h. 17'. m.	Bois-de-Planet carriere calcaire.	
43	. .	. .	12 h. 30'. ſ.	Prieuré à la fenêtre.	
44	. .	. .	3 h. ſ.	. . . . Ibid.	25. 0. 1, 2.
45	. .	. .	6 h. ſ.	. . . . Ibid.	24. 11. 15, 1.
46	. .	. .	6 h. 50'. ſ.	. . . . Ibid.	
47	. .	. .	7 h. 20'. ſ.	. . . . Ibid.	
48	. .	. .	8 h. 50'. ſ.	. . . . Ibid.	
49	. .	. .	11 h. 40'. ſ.	. . . . Ibid.	
50	. .	26	7 h. 40'. m.	. . . . Ibid.	
51	. .	. .	10 h. 40'. m.	. . . . Ibid.	
52	. .	. .	2 h. 45'. ſ.	. . . . Ibid.	24. 11. 7, 0.
53	. .	. .	8 h. 10'. ſ.	. . . . Ibid.	
54	. .	. .	11 h. 10'. ſ.	. . . . Ibid.	
55	. .	27	5 h. m.	. . . . Ibid.	
56	. .	. .	10 h. m.	. . . . Ibid.	24. 11. 4, 0.
57	. .	. .	12 h. m.	. . . . Ibid.	24. 11. 10, 5.
58	. .	. .	6 h. 50'. ſ.	. . . . Ibid.	
59	. .	. .	11 h. ſ.	. . . . Ibid.	
60	. .	28	5 h. m.	. . . . Ibid.	25. 0. 9, 7.
61	. .	. .	12 h. m.	Col de Balme, à la plus haute limite. .	21. 5. 5, 5.
62	. .	. .	1 h. 35'. ſ.	Chalet des Herbageres.	
63	. .	. .	4 h. 35'. ſ.	Haut de la Forclaz.	23. 7. 5, 2.
64	. .	. .	7 h. 25'. ſ.	Martigny à la fenêtre 2d. étage.	
65	. .	29	7 h. 23'. m.	. . . . Ibid.	
66	. .	. .	9 h. 30'. m.	. . . . Ibid.	26. 9. 14, 7.
67	. .	. .	11 h. 15'. m.	. . . . Ibid.	
68	. .	. .	12 h. m.	. . . . Ibid.	
69	. .	30	1 h. ſ.	St. Branchier, fenêtre au 1 er. étage.	
70	. .	31	6 h. m.	. . . . Ibid.	26. 1. 3. 7.
71	. .	. .	10 h. 10'. m.	Route dans la vallée de Bagnes.	
72	. .	. .	1 h. 10'. ſ.	Bois au-deſſus des Mayens de Fiona.	
73	. .	. .	1 h. 42'. ſ.	. . . . Ibid.	23. 8. 13, 0.
74	*Août.*	1.	5 h. 20'. m.	Chalets de Chanrion.	21. 5. 4, 0.
75	. .	. .	6 h. m.	. . . . Ibid.	
76	. .	. .	10 h. 10'. m.	Milieu du glacier d'Hautéma. . . .	20. 1. 12, 6.
77	. .	. .	1 h. 30'. ſ.	Rocher au-deſſus de Chanrion. . . .	20. 1. 11, 1.
78	. .	. .	5 h. ſ.	Chalets de Chanrion.	
79	. .	2.	2 h. 8'. ſ.	Mayens de Fiona.	23. 7. 14, 5.
80	. .	. .	9 h. 15'. ſ.	S. Branchier à la fenêtre.	
81	. .	3.	8 h. 30'. m.	. . . . Ibid.	
82	. .	. .	2 h. ſ.	. . . . Ibid.	26. 0. 14, 4.
83	. .	. .	10 h. ſ.	Chalets de Ferret.	23. 2. 10, 0.

Num. des observations.	*Elévation du lieu au-dessus de la mer.*	*Hygrom.*	*Thermom.*	*État du Ciel.*
42	* 660	61, 0	14,	Soleil, vent de Sud-Oueſt.
43	526	44, 4	19, 7	. . . . Idem.
44	Id.	41, 2	20, 2	Couv. grandes pommel., nuag. au M. Bl. *S. O.*
45	Id.	. . . . .	16, 6	Couvert, *O. S. O.* en haut, calme en bas.
46	Id.	53, 5	15, 3	. . . . Idem.
47	Id.	69, 5	13, 8	Idem. Mais les nuages ſe diſſipent.
48	Id.	74, 1	12, 8	Idem. La lune s'eſt baignée.
49	Id.	80, 5	10, 5	Parfaitement clair & calme.
50	Id.	94, 2	12. 0	Couvert, *S. O.* foible, il a plu de bon matin.
51	Id.	Id.	13, 2	Pluie à verſe, brouillards traînans.
52	Id.	. . . . .	13, 7	Très-couvert, mais ſans pluie.
53	Id.	100, 2	11, 5	Pluie, brouillards traînans.
54	Id.	99, 2	11, 2	Pluie, mais brouillards plus élevés.
55	Id.	Id.	10, 0	Pluie commençante, brouillards un peu élevés.
56	Id.	95, 0	11, 3	Pluie, les nuages s'élevent.
57	Id.	90. 6	11, 3	Il pleut encore, mais les nuages ſont à 400 toiſes.
58	Id.	87, 9	10, 8	Soleil par places, bize foible.
59	Id.	100, 2	7, 0	Grands nuages épars, bize foible.
60	Id.	100, 5	5, 5	Clair, brouillards ſur l'Arve & à mi-côte, calme.
61	1181	87, 8	7, 8	Soleil, nuages épars, petit *S. O.*
62	* 1000	85, 2	9, 5	. . . . Idem.
63	778	90, 5	9, 5	Couvert, vent de *S. O.* foible.
64	246	78, 2	15, 1	. . . . Idem.
65	Id.	84, 9	13, 3	Clair, vent d'Eſt foible.
66	241	. . . . .	16, 3	Clair, *N. E.* foible.
67	Id.	79, 9	Id.	. . . . Idem.
68	Id.	73, 6	17, 7	. . . . Idem.
69	358	88, 6	13, 0	Clair & calme.
70	Id.	93, 4	11, 3	. . . . Idem.
71	* 400	66, 1	19, 0	. . . . Idem.
72	767	69, 9	17, 3	. . . . Idem.
73	Id.	68, 7	17, 7	. . . . Idem.
74	1175	84, 2	6, 7	Clair, vent de S., ſoleil levé, mais non pas ici.
75	Id.	85, 4	6, 7	. . . . Idem.
76	1466	95, 5	5, 1	Beau ſoleil, petit vent de Sud.
77	1459	70, 7	12,	. . . . Idem.
78	1175	87, 3	9, 7	Il a plu & il va pleuvoir.
79	762	74, 8	16, 7	Couvert par intervalles. Vent de *S. O.*
80	358	98, 3	13, 6	Couvert.
81	Id.	93, 4	13, 3	Il a plu, mais la pluie a ceſſé, nuages bas.
82	Id.	85, 7	16, 0	. . . . Idem.
83	859	100, 7	7, 2	Brouillard épais, bize foible.

Num. des observations.	*Mois.*	*Jour.*	*Heure.*	*Lieu.*	*Barometre.*
84	*Août.*	. 4 .	7 h. m.	Chalets de Ferret.	
85	. .	. . .	9 h. m.	. . . . . . Ibid.	23. 2. 7,0.
86	. .	. . .	1 h. 15'. f.	Au plus haut point du Col Ferret. .	20. 11. 9,5
87	. .	. . .	3 h. 10'. f.	Chalets du pré de Bar.	22. 2. 9,5.
88	. .	. . .	10 h. 15'. f.	Cormayor à la fenêtre, 2d. étage.	
89	. .	. 5 .	7 h. m.	. . . . . . Ibid.	
90	. .	. . .	11 h. 30'. m.	. . . . . . Ibid.	24. 5. 12.
91	. .	. . .	5 h. 15'. f.	Jonction des fchiftes & des granits. .	22. 6. 0,6.
92	. .	. . .	9 h. f.	Cormayor à la fenêtre.	
93	. .	. 6 .	6 h. 30'. m.	. . . . . . Ibid.	
94	. .	. . .	12 h. 35'. f.	Milieu du glacier de Miage. . . .	22. 0. 3,2.
95	. .	. . .	4 h. 35'. f.	Sommet du Col de la Seigne. . . .	21. 0. 1,3.
96	. .	. . .	6 h. 50'. f.	Chalet du Motet.	22. 8. 6,2.
97	. .	. 7 .	5 h. 40'. m.	. . . . . . Ibid.	
98	. .	. . .	6 h. 5'. m.	. . . . . . Ibid.	
99	. .	. . .	10 h. m.	Sommité au *N. E.* du paffage des Fours.	20. 4. 5,1.
100	. .	. . .	11 h. 15'. m.	. . . . . . Ibid.	
101	. .	. . .	12 h. 38'. f.	Croix du paffage du Bon-homme.	
102	. .	. . .	4 h. 40'. f.	Entre Notre-Dame & les Contamines.	
103	. .	. . .	8 h. 26'. f.	St. Gervais à la fenêtre.	
104	. .	. 8 .	5 h. m.	. . . . . . Ibid.	
105	. .	. . .	7 h. m	. . . . . . Ibid.	25. 8. 14,7.
106	. .	. . .	1 h. 30'. f.	Sallenche à la fenêtre.	
107	. .	. . .	3 h. 30'. f.	. . . . . . Ibid.	
108	. .	. . .	11 h. f.	Bonneville à la fenêtre.	
109	. .	. 9 .	5 h. 50'. m	. . . . . . Ibid.	
110	. .	. . .	6 h. 50. m.	. . . . . . Ibid.	
111	. .	. . .	12 h. m.	Frontenex à l'ombre d'un grand arbre.	
112	. .	. . .	3 h. 30'. f	. . . . . . Ibid.	
113	. .	. . .	11 h. 20'. f.	Genthod à 15 pieds au-deffus du Lac.	

Num. des observa tions.	*Élévation du lieu au-dessus de la mer.*	*Hygrom.*	*Therm.*	*État du Ciel.*
84	. 859 .	. 99, 5 .	. 7, 7 .	Brouillard, à quelques toises au-dessus de nous.
85	. Id. .	. 93, 9 .	. 9, 4 .	Nuages à 150 toises au-dessus de nous.
86	. 1195 .	(100, 7 97, 3)	. 7, 3 .	Momens de brouillards & de calme. Momens de soleil & de bize.
87	. 1050 .	. 87, 1 .	. 10, 0 .	Soleil, bize, nuages sortant du col Ferret.
88	. 629 .	. 77, 0 .	. 17, 7 .	Couvert par places.
89	. Id. .	. 98, 3 .	. 10, 7 .	Nuages très-bas. Vent de S. E. foible.
90	. Id. .	. 70, 9 .	. 16, 7 .	Vent de Sud très-fort.
91	. 980 .	. 77, 9 .	. 11, 2 .	Demi-couvert.
92	. 629 .	. 78, 17	. 13, 5 .	Calme, nuages atttachés aux hautes cimes.
93	. Id. .	. 90, 3 .	. 11, 5 .	Couvert, vent de S. E. foible.
94	. 1076 .	. 81, 1 .	. 10, 6 .	Couvert, bize foible.
95	. 1262 .	100, . .	. 7, 3 .	Nuages tout près de nos têtes, S. O. foible.
96	. 939 .	. 90, 3 .	. 9, 8 .	Calme en bas, S. O. en haut, nuages aux cimes.
97	. Id. .	. 96, 0 .	. 5, 2 .	Calme, soleil levé, mais non pas ici.
98	. Id. .	. 97, 1 .	. Id. .	. . . . Idem.
99	. 1396 .	. 85, 9 .	. 6, 5 .	Soleil par intervalles. Vent de S. E. assez fort.
100	. Id. .	. 82, 8 .	. 10, 0 .	Soleil plus fréquent, vent un peu moins fort.
101	. 1067 .	. 92, 7 .	. 9, 5 .	Nuages ambulans près de nos têtes. S. S. O. foible.
102	* 600 .	. 63, 7 .	. 18, .	Soleil, calme.
103	. 408 .	. 78, 2 .	. 14, 4 .	Clair & calme.
104	. Id. .	. 88, 6 .	. 13, 0 .	Nuages épars, Sud-Ouest foible.
105	. Id. .	. 89, 1 .	. 12, 0 .	. . . . Idem.
106	. 276 .	. 76, 7 .	. 17, 0 .	Soleil, nuages épars, même vent.
107	. Id. .	. 66, 8 .	. 20, 2 .	Couvert, même vent.
108	. 228 .	. 83, 7 .	. 16, 4 .	Clair & calme.
109	. Id .	. 96, 3 .	. 12, 8 .	. . . . . . Idem.
110	. Id. .	. 94, 6 .	. 13, 4 .	. . . . . . Idem.
111	* 130 .	. 72, 6 .	. 19, 8 .	. . . . . . Idem.
112	. Id. .	. 65, 8 .	. 21, 5 .	. . . . . . Idem.
113	. 190 .	. 87, 6 .	. 16, 0 .	. . . . . Idem.

Comparaison des hygrometres.

§. 337. Dès que je fus arrivé à Chamouni mon premier soin fut de comparer entr'eux mes quatre hygrometres, pour voir si le transport ne les auroit point dérangés. Pour procéder avec exactitude, je commençai par prendre la précaution toujours nécessaire dans ces cas là ; je les humectai tous, les uns en les plaçant sous une cloche de verre mouillée que j'avois portée pour cet usage ; les autres en les tenant pendant quelque tems renfermés dans leur étui mouillé intérieurement. Je les suspendis ensuite en-dehors de la même fenêtre & ils se fixerent,

B. à 70 ; *N.* à 71, 5 ; *O.* à 69, 8 ; *S.* à 70, 9.

La moyenne entr'eux tous étoit 70, 5. Ils étoient donc à très-peu-près d'accord, puisque celui qui différoit le plus de la moyenne ne s'en écartoit que d'un degré, & que les deux qui différoient le plus l'un de l'autre n'étoient éloignés que de 1, 7.

Mais pour faire voir combien de pareils écarts sont peu importans, je rapporterai une observation que je fis à Chamouni même le 21 juillet. Les hygrometres *O* & *S.* suspendus en-dehors de la fenêtre tout près l'un de l'autre & observés au travers de la vître étoient à 6 heures précises du matin, *O.* à 91, 7. *S.* à 93, 4 : mais ils varioient d'un moment à l'autre dans l'étendue d'environ 2 degrés, quoique le tems fût clair & en apparence parfaitement calme : sans doute que des ondulations imperceptibles à nos sens apportoient un air tantôt plus, tantôt moins humide. Cependant les variations des deux instrumens se faisoient toujours dans le même sens & dans des quantités à-peu-

près égales. Mais lorsque je les éloignois l'un de l'autre autant que le permettoit la largeur de la fenêtre, leurs variations n'étoient plus simultanées. Il est donc clair, qu'il seroit absolument illusoire & inutile de se flatter de réduire les écarts des hygrometres à moins de deux ou trois degrés sur une échelle totale de cent; puisque l'air lui-même peut varier de cette quantité d'un instant à l'autre & à la distance de deux ou trois pieds. A la vérité on ne voit des variations de ce genre que quand l'air est très-humide. Les vapeurs dans un air sec sont distribuées avec plus d'uniformité & de constance.

On verra par cette table que mes hygrometres ont quelquefois passé le terme de l'humidité extrême. (Observations 53, 83 & 86.) Mais ce n'a jamais été d'un degré entier, & c'est encore une de ces légeres imperfections que l'on doit excuser, d'autant mieux que l'on peut y porter très-aisément remede. Voyez le §. 67.

§. 338. La question la plus intéressante dont les observations hygrometriques faites sur les montagnes puissent donner la solution est celle de la quantité absolue des vapeurs dissoutes dans l'air à différentes distances de la terre. Il faudroit pour la résoudre, des observations faites, l'une au sommet de la montagne, l'autre à son pied, dans le même moment & s'il étoit possible dans la même ligne verticale. Cependant si les tems & les lieux qui séparent les observations ne sont pas très-éloignés, on pourra toujours en tirer quelques lumieres.

Comparaison des observations 18, 19 & 20.

Si, par exemple, on compare entr'elles les observations 18, 19 & 20, on verra que dans la premiere des trois l'hygrome-

tre à Chamouni à 11 heures 30' du matin étoit à 80, 6, & le thermometre à 14, 6: que 3 heures après environ à 260 toises plus haut, le thermometre n'étoit plus qu'à 10, 8, c'est-à-dire qu'il avoit baissé de 3, 8. Si donc la quantité des vapeurs eût été la même à cette hauteur qu'à Chamouni, cette quantité de refroidissement auroit du, suivant ma table, ramener l'hygrometre à 90, 8; c'est-à-dire, lui faire faire plus de 10 degrés vers l'humidité: or il ne vint qu'à 81, 1; ou ce qui revient au même, il ne fit qu'un demi-degré vers l'humidité. Donc les vapeurs étoient beaucoup plus abondantes dans la vallée de Chamouni qu'à 260 toises plus haut.

En continuant de monter, j'arrivai au Chalet de Plianpra, plus élevé aussi d'environ 260 toises. Le thermometre descendit encore de 3, 1; ce qui auroit dû faire venir l'hygrometre de 81, 1 à 89, 4: or il ne vint qu'à 82, 5. Donc ici encore la quantité absolue des vapeurs étoit moins grande que dans la vallée & moins grande encore qu'à mi-côte.

Comparaison des observations 28 & 29.

§. 339. Le lendemain 23 vers les 6 h. du matin, (observation 28) l'hygrometre au Chalet de Plianpra étoit au terme de la saturation & le thermometre à 3, 6. Trois heures après au sommet du mont-Brévent élevé encore de 260 toises au-dessus du Chalet, l'hygrometre dans les momens où il ne passoit point de nuages, se tenoit environ à 87 degrés, c'est-à-dire, qu'il avoit fait 13 degrés vers la sécheresse, quoique le thermometre qui n'étoit qu'à 5 n'eût monté que de 1, 4, quantité de chaleur incapable de produire une aussi grande variation.

§. 340.

§. 340. Au contraire, en redescendant au Chalet (observations 29 & 30) la chaleur augmenta de 7 degrés, ce qui en partant de 87 de l'hygrometre auroit dû produire sur cet instrument une variation de 17, 8 degrés; & cependant la variation ne fut que de 11, 6; ce qui prouve encore que les vapeurs étoient plus abondantes dans les lieux moins élevés. De la 29 & de la 30e.

§. 341. Il est bien vrai, comme je l'ai déja observé, que souvent dans un même lieu la quantité des vapeurs varie, & que l'hygrometre fait communément par le beau tems entre le matin & l'après-midi plus de chemin vers la sécheresse qu'il ne devroit en faire par l'action de la chaleur seule. Doute.

Cette table en fournit même des exemples. En comparant la 31e. observation avec la 33e, nous voyons l'hygrometre venir de 96, 3 à 63, 8; tandis que l'augmentation de chaleur qui est de 11, 2, n'auroit dû le faire venir qu'à 68, 8 & produire par conséquent une variation de 5 degrés plus petite. Comparaison de la 31e. avec la 33e.

Et la chose est bien plus frappante encore quand on compare entr'elles la 40 & la 44e. observations. Le 25 juillet à 6 h. du matin, l'hygrometre étoit à 98, 5 & le thermometre à 4. A trois heures de l'après-midi du même jour l'hygrometre vint à 41, 2 & le thermometre à 20, 2. L'hygrometre fit donc une variation de 57, 3, tandis que la chaleur augmenta de 16, 2; mais si l'air fût demeuré chargé de la même quantité de vapeurs cette augmentation de chaleur n'auroit fait venir l'hygrometre qu'à 62, & auroit produit par conséquent une variation de près de 21 degrés plus petite. Mais De la 40e. avec la 44e.

auſſi, comme je l'ai remarqué plus haut, §. 323. il ſe paſſa ce jour là dans l'air quelque choſe de très-extraordinaire.

Réponſe à ce doute.

Cependant, comme en comparant les obſervations faites dans les vallées avec celles qui ont été faites ſur les montagnes, on voit preſque toujours l'hygrometre placé ſur la montagne aller plus au ſec ou moins à l'humide qu'il n'eût dû le faire par la ſeule action du changement de température, on a peine à croire que cette différence ſoit purement accidentelle & qu'elle ne tienne pas en effet à une loi générale.

Autre doute.

§. 342. Je me ſuis encore demandé à moi-même, ſi cette différence ne viendroit point de quelque défaut de la table qui ſert à corriger les effets de la chaleur, ſi par exemple cette table ne donnoit point à la chaleur moins d'efficace qu'elle n'en a réellement. Mais les obſervations elles-mêmes ont levé ce doute, parce que dans pluſieurs cas la variation de l'hygrometre a été plus petite que la table ne l'indiquoit. Un exemple rendra cette idée plus claire.

Exemple. Comparaiſon de la 60e. avec la 61e.

Le 28 juillet à 5 heures du matin les hygrometres indiquoient à Chamouni la ſaturation complete, & le thermometre étoit à 5 degrés $\frac{1}{2}$. Le même jour à midi au haut du col de Balme, c'eſt-à-dire, à 655 toiſes au-deſſus de Chamouni, l'hygrometre ſe fixa à 87, 8 & s'éloigna par conſéquent de 12, 2 du terme de ſaturation, quoique l'air ne fût que de 2, 3 plus chaud qu'à Chamouni. Or ſuivant ma table, ſi la quantité des vapeurs eût été auſſi grande ſur la montagne que dans la vallée, ce degré de chaleur n'eût éloigné l'hygrometre que de 4 ou 5 degrés de la ſaturation. Mais on objectera que peut-être cette table eſt elle mal conſtruite, qu'elle attribue trop

peu d'influence à la chaleur; & qu'une augmentation de 2, 3, est bien réellement capable de faire varier l'hygrometre de 12 degrés.

Les deux observations suivantes me présentent la réponse à cette difficulté; car au passage de la Forclaz, plus bas de 403 toises que le col de Balme, l'hygrometre fit 2, 7 degrés du côté de l'humidité, quoique l'air se fût réchauffé de 1, 7. Et enfin de là à la ville de Martigny située 537 toises plus bas que la Forclaz, l'hygrometre qui auroit dû faire une variation de 14 degrés $\frac{1}{3}$ à cause de l'augmentation de la chaleur ne varia que de 12 $\frac{1}{3}$, parce que les vapeurs étoient plus abondantes à Martigny que sur la Forclaz. Réponse. Comparaison de la 61e. avec la 63e. De la 63e. avec la 64e.

La comparaison des observations 79 & 80, 87 & 88, 90 & 91, 93 & 94 donne aussi des variations hygrométriques moins grandes que celles qui sont indiquées par la table.

Ce ne peut donc pas être un défaut de la table de correction, qui est la source des différences que nous avons observées entre l'air de la plaine & celui de la montagne. Car lorsque l'air a été plus chaud dans la vallée que sur la montagne, la variation hygrométrique s'est trouvée plus petite que celle qui, suivant la table, auroit eu lieu par l'action de la seule chaleur; & au contraire cette variation a été plus grande dans les cas où la chaleur a été plus grande sur la montagne que dans la plaine.

§. 343. Il y a eu cependant trois cas où la quantité absolue des vapeurs a paru plus grande dans le lieu le plus élevé. Le 1 août à 6 h. du matin, l'hygrometre observé en plein air Exceptions. Comparaison de la 75e. avec la 76e.

auprès des Chalets de Chanrion étoit à 85, 4 & le thermometre à 6, 7. Mais à 10 h. au milieu du glacier d'Hautéma (1) élevé de 291 toises au-dessus des Chalets de Chanrion, l'hygrometre vint à 95, 5 & marcha par conséquent de 10, 1 vers l'humidité, quoique le thermometre ne fût descendu que de 1, 6, & n'eût dû par conséquent produire qu'une variation de 4 degrés $\frac{1}{2}$. L'hygrometre & le thermometre étoient suspendus à 4 pieds au-dessus de la glace, & c'étoit vraisemblablement cette glace & la neige à demi-fondue dont elle étoit couverte qui fournissoient cette humidité extraordinaire. Car sur un rocher peu éloigné du glacier & à peu près aussi élevé (2) où je mis ensuite mes instrumens en expérience

(1) C'EST le vrai nom du Glacier que Mr. BOURRIT a le premier fait connoître sous le nom de Glacier *de Chermotane* & qu'il a décrit d'une maniere très-poétique, mais à mon gré un peu exagérée dans sa *description des Alpes Pennines & Rhétiennes*. Le nom d'*Hautéma* que les gens du pays donnent à ce Glacier est vraisemblablement une corruption de *haute mer*.

(2) Du haut de ce rocher je reconnus distinctement la place du Glacier sur laquelle je m'étois arrêté pour faire mes observations. Je visai à cette place avec un niveau à bulle d'air très-juste, & je vis que je me trouvois au-dessous de cet endroit du Glacier, d'une quantité que j'évaluai à 5 ou 6 toises. Cependant le barometre étoit de $\frac{3}{32}$ de ligne plus bas sur le roc que sur la glace: j'en conclus que l'air étoit devenu plus léger pendant les 3h. 20'. qui s'étoient écoulées entre les deux observations, & effectivement le barometre sédentaire avoit baissé à Geneve dans le même intervalle de $\frac{19}{32}$. Le calcul auroit donc dû être conforme au nivellement, & donner le rocher plus bas que le Glacier. Cependant quand je fis ce calcul suivant la méthode de M. DE LUC, je trouvai le roc de 26 toises plus élevé que le Glacier. La raison en est fort simple; l'air qui reposoit sur le milieu de cette large vallée de glace entourée d'autres Glaciers plus élevés qu'elle, avoit un froid qui lui étoit propre & auquel ne participoit point le reste de la colonne verticale dont il faisoit le sommet; le thermometre ne se soutenoit là qu'à 5, 1, tandis que sur le rocher il s'élevoit à 12. Il est vrai que dans l'intervalle des 3 h. qui s'écoulerent entre les deux observations, le thermometre dut montrer, mais non point d'une aussi grande quantité; il monta à Geneve de 3 $\frac{1}{2}$ degrés, & non pas de 6, 9 comme il fit en passant du glacier au rocher. La correction que prescrit M. DE LUC pour les cas où la cha-

(observation 77) : la quantité absolue des vapeurs se trouva moins grande qu'aux Chalets de Chanrion.

§. 344. Cependant la glace ne produit pas toujours cet effet : car si l'on compare entr'elles les observations 93 & 94 on verra qu'à Cormayor à 6 h. 30' du matin l'hygrometre étoit à 90, 3 ; & que transporté de là au milieu du glacier de Miage, élevé de 447 toises au-dessus de Cormayor, il vint à 81, 1 & se trouva par conséquent de 9, 2 plus au sec qu'à Cormayor, quoique le thermometre fût de près d'un degré, savoir de 0, 9 plus bas sur le glacier que dans la vallée. Mais on n'ose point insister sur les conséquences d'une comparaison faite entre des observations séparées par une intervalle de 6 h. & par une distance horizontale assez considérable. Il faudroit, comme je l'ai déja dit, des observations simultanées aux deux extrémités semblablement situées d'une ligne à peu près verticale. Observations 93 & 94.

§. 345. La même journée me fournit un second exemple d'une quantité absolue de vapeurs plus grande au haut qu'au bas de la montagne. L'hygrometre que nous venons de voir à 81, 1 sur le glacier de Miage vint à 100 sur le col de la Autres exceptions. Observations 94 & 95.

leur moyenne de l'air est au-dessous du 0 de son thermometre est donc ici beaucoup trop grande, puisque ce froid étoit absolument local & n'affectoit point le reste de la colonne compris entre les deux stations. J'ai donc cru devoir donner dans la table de mes observations, N°. 76 & 77, les hauteurs telles qu'elles résultent de la simple comparaison des logarithmes, sans aucune correction pour la chaleur de l'air ; & ainsi leur différence s'est trouvée exactement égale à celle que m'avoit donnée le nivellement.

M. Trembley a communiqué dernièrement à l'Académie des Sciences un Mémoire dans lequel il prouve par un grand nombre d'observations, que cette correction écarte de la véritable hauteur beaucoup plus souvent qu'elle n'en rapproche.

Seigne élevé de 186 toises au-dessus de ce glacier; & il fit ainsi 18, 9 vers l'humidité, quoique le refroidissement ne fût que de 3, 3 & n'eût dû, suivant la table faire venir l'hygrometre qu'à 89, 9.

Observations 95 & 96.

De même en descendant du col de la Seigne au Chalet Motet, situé à 323 toises au-dessus de ce col, l'hygrometre vint de 100 à 90, 3; quoique l'augmentation de la chaleur qui ne fut que de 2, 5 n'eût dû le faire venir qu'à 95 au plus.

Il est donc clair, que ce jour là les vapeurs étoient réellement plus abondantes au sommet de la Seigne que dans les deux vallées que ce col domine. Il est vrai que dans le moment où j'observois sur le haut du col, les nuages poussés par le vent de Sud-Ouest passoient tout à fait près de ma tête & remplissoient par conséquent l'air d'une humidité extraordinaire.

Observations 98, 99, 100, 101, 102.

Le lendemain les résultats furent différens & même opposés; la comparaison entre les observations 98 & 99 donna plus de vapeurs dans la vallée que sur la montagne. La 100^{e}, comparée avec la 101^{e}. presente encore le même phénomene; mais la 100^{e}. & la 101^{e}. comparées séparément avec la 102^{e}. donnent l'une & l'autre plus de vapeurs sur la montagne.

En général les vapeurs dissoutes paroissent moins abondantes sur les hauteurs.

§. 346. Cependant comme les exceptions ne sont pas nombreuses, & que quelques-unes d'entr'elles peuvent être expliquées par des circonstances particulieres, je crois pouvoir conclure, qu'en général la quantité absolue des vapeurs dissoutes dans l'air est moins grande dans les lieux élevés.

Ce résultat est d'ailleurs conforme à l'opinion générale : l'air des lieux bas passe généralement pour humide & l'on regarde comme vif & sec celui des lieux élevés. Et quoique cette opinion n'eût pas encore été confirmée par des expériences précises & dans lesquelles on eût tenu compte des effets de la chaleur, elle repose cependant sur des faits bien connus & sur des raisonnemens tout-à-fait simples & frappans.

§. 347. En effet toutes les vapeurs qui se trouvent dans l'air viennent originairement des eaux qui coulent ou qui séjournent à la surface de notre globe & de celles dont la terre même est impregnée. Ces eaux sont plus abondantes dans les lieux bas où leur poids les entraîne, les terres y sont plus abreuvées ; il est donc naturel que les vapeurs y soient plus abondantes & l'air en général plus humide.

Premiere raison de l'humidité des couches les plus basses de l'air.

§. 348. Cependant cette raison ne suffiroit pas seule pour rendre les vapeurs constamment plus abondantes à la surface de la terre. Car comme la vapeur élastique est un fluide plus léger que l'air, & que celui-ci devient plus léger par son mélange avec elle, si la chaleur demeuroit constamment la même, la terre se dessécheroit enfin, & les vapeurs s'accumuleroient dans les régions élevées. Mais le froid de la nuit, celui des vents septentrionaux, viennent condenser ces vapeurs & les forcer à redescendre sous la forme de pluie ou de rosée, & rendent ainsi aux couches inférieures ce que la légéreté des vapeurs & les vents verticaux leur avoient enlevé. Ensuite lorsque les couches supérieures de l'air se réchauffent de nouveau, elles se trouvent dépourvues d'humidité, & il faut bien du tems avant que les vapeurs venant de la terre aient

Seconde raison.

furmonté la vifcofité de l'air pour venir faturer ces régions élevées. L'air inférieur au contraire, à l'inftant où il fe réchauffe, pompe des vapeurs à la furface des eaux, il diffout la rofée, la tranfpiration des plantes, & il en tire de la terre même qui eft prefque toujours abreuvée d'humidité. La quantité abfolue des vapeurs diffoutes dans l'air (3) doit donc être communément plus grande dans le voifinage de la terre.

§. 349. Ces mêmes confidérations expliquent pourquoi dans les jours calmes & fereins la variation que fait l'hygrometre entre fa plus grande humidité du matin & fa plus grande fécherefle de l'après-midi, de même que fa variation entre cette même fécherefle & l'humidité du lendemain matin font ordinairement plus grandes qu'elles ne le feroient, fi l'air ne fubiffoit d'autre changement que de fe réchauffer depuis le matin jufqu'à l'après-midi & de fe refroidir depuis l'après-midi jufqu'au foir. Car du moment où le foleil fe leve jufques vers les 3 ou 4 heures du foir, la quantité des vapeurs diminue continuellement dans le voifinage de la terre, parce qu'elles montent vers le haut de l'atmofphere, foit par leur légéreté propre, foit par le vent vertical que produit la chaleur du foleil. Et au contraire, depuis les 3 ou 4 heures du foir jufqu'au lendemain matin leur quantité s'accroît dans les couches inférieures

(3) Je dis les *vapeurs diffoutes*, parce que les vapeurs véficulaires qui compofent les nuages font plus fréquentes dans les régions élevées & peuvent augmenter prefqu'indéfiniment la quantité de l'eau fufpendue dans l'air. Ces mêmes nuages font encore la fource d'un autre exception à la regle générale que nous venons d'établir; parce qu'ils fourniffent une humidité abondante aux couches d'air qui les avoifinent comme le prouvent les obfervations 59 & 95.

de

de l'air, parce que celles des couches plus élevées redescendent à mesure qu'elles se condensent.

Si ce raisonnement est juste, ce doit être l'inverse dans les hautes régions de l'air, la quantité absolue des vapeurs doit augmenter depuis le lever du soleil jusqu'à 3 ou 4 heures, & diminuer de ce moment là jusqu'au lendemain matin. La vérification de cette conjecture sera difficile à faire, il faudroit pour cela trouver au milieu d'une plaine humide un roc très-élevé, dont le sol ne pût fournir par lui-même aucune humidité, & observer sur la cime de ce roc l'hygrometre & le thermometre à différentes heures; car sur des montagnes couvertes de verdure, de neige ou de glace, l'observation ne feroit point concluante.

Au reste toutes ces regles générales sont sujettes à des modifications & à des exceptions fréquentes produites par les vents & par le concours des agens divers qui influent sur notre atmosphere.

CHAPITRE X.

RE'FLEXIONS GE'NE'RALES SUR LES PRONOSTICS ME'TE'OROLOGIQUES.

Les payſans & les batteliers s'y connoiſſent mieux que les phyſiciens.

§. 350. IL n'eſt rien dans la météorologie qui intéreſſe plus la généralite des hommes, que les préſages qu'elle peut fournir ſur les changemens de tems. La théorie ne pique la curioſité qu'autant qu'on eſpere qu'elle perfectionnera la connoiſſance de ces préſages. La plupart de ceux qui ſouhaitent d'avoir de bons inſtrumens de météorologie ne le deſirent pas tant pour connoître l'état actuel de l'air dont nos ſens nous inſtruiſent aſſez, que pour s'en ſervir à prévoir les changemens qu'il doit ſubir. Il eſt donc fort humiliant pour ceux qui ſe ſont beaucoup occupés de cette ſcience, de voir que ſouvent un battelier ou un laboureur, qui n'a ni inſtrument ni théorie, prédit pluſieurs jours à l'avance & avec une préciſion étonnante des changemens de tems qu'un phyſicien armé de tous les ſecours de la ſcience & de l'art n'auroit pas même pû ſoupçonner. Ces bonnes gens, toujours en plein air, l'eſprit toujours occupé de cet objet qui les intéreſſe infiniment plus que nous, doués d'une vue perçante, d'une heureuſe mémoire, raſſemblent une foule de petits faits dont ſouvent ils ne ſauroient pas rendre compte, mais dont l'enſemble leur donne un preſſentiment confus, quelque choſe d'analogue à l'inſtinct des animaux, qui ſont encore leurs maîtres dans cet art. Ils joignent à cela quelques ſignes locaux, un brouillard qui s'éleve à telle ou telle heure dans telle ou telle place, un certain nuage à

la cime de telle ou de telle montagne, le chant ou le passage de certains oiseaux, &c. Aussi transportez-les sur un autre horizon, ne fût ce qu'à dix lieues de leur habitation ordinaire, les voilà totalement dépaïsés, & alors ce seront eux qui consulteront le physicien.

§. 351. En effet les connoissances du physicien sur cet objet ne sont pas bornées à un horizon particulier: elles sont générales comme la théorie qui leur sert de baze: ses idées sont distinctes, il peut exprimer & développer les signes qui le dirigent. Il a donc cet avantage sur le laboureur, & il en auroit de bien plus grands encore s'il avoit le tems & la volonté de multiplier ces signes & de les rendre moins équivoques en les combinant & en les rendant plus précis.

Mais les connoissances du physicien sont plus générales.

§. 352. Je dis d'abord qu'il faut les multiplier, parce que ce n'est que leur combinaison & leur concours qui peut lever l'incertitude inséparable de chacun d'eux en particulier; nous avons déja vu que le barometre seul ne donne que des indices peu sûrs; on peut en dire autant de l'hygrometre, du thermometre, des vents; mais si tous ces signes sont d'accord ils ne tromperont pas une fois sur dix, & que sera-ce si l'on y joint plusieurs autres signes qu'il est tout aussi facile d'observer.

Il faut combiner & réunir plusieurs pronostics.

§. 353. Aussi ai-je vu avec bien de la peine, que par un amour extrême pour une perfection idéale, un observateur tel que Mr. van Swinden ait rejetté l'hygrometre de ses observations météorologiques. Pour moi j'aimerois mieux qu'il se fût servi de l'instrument le plus imparfait, d'un fil de chanvre tendu par le poids d'une pierre, que d'avoir négligé un indice

De l'hygrometre comme pronostic.

d'une auſſi grande conſéquence ; d'autant que même des connoiſſances vagues, telles que celles que l'on attache aux mots *très-ſec*, *très-humide*, *médiocrement ſec*, *médiocrement humide*, peuvent donner des lumieres importantes ſur l'état de l'atmoſphere.

C'EST ſur-tout en comparant la marche de l'hygrometre avec celle du thermometre que l'on peut en tirer des inductions & des pronoſtics : car quoiqu'il y ait des exceptions, & que j'en aie noté moi-même une très-remarquable, §. 322, en général pourtant, c'eſt un indice de beau tems qui trompe rarement, que de voir l'hygrometre faire entre ſa plus grande humidité du matin & ſa plus grande ſéchereſſe de l'après-midi une variation plus grande qu'il ne devroit la faire en raiſon de l'augmentation de la chaleur, & le contraire eſt auſſi un des indices les plus ſûrs de la pluie.

Détails ſur l'état du ciel.

§. 354. JE voudrois auſſi que l'on détaillât avec plus de préciſion les diverſes obſervations qui concernent l'état du ciel & des nuages. Que m'apprennent les mots *couvert*, *demi-couvert* ; rien, abſolument rien, parce qu'il y a tel ciel couvert qui annonce preſque ſûrement le beau-tems, & tel autre qui préſage indubitablement la pluie. On ſe pique d'avoir un thermometre qui ne trompe pas l'obſervateur d'un quart de degré ; de meſurer juſqu'à une ſeizieme de ligne de la pluie qui tombe, & on ſe tait ſur la tranſparence de l'air, ſur les roſées, ſur l'élévation, la forme, la grandeur, la diſpoſition, la couleur, la denſité des nuages, choſes faciles à obſerver, faciles à déſigner, même en très-peu de mots, & qui n'auroient d'autre

inconvénient que d'exiger des tables météorologiques de deux ou trois pouces plus larges.

§. 355. Un phénomene que je viens d'indiquer, auquel on fait communément peu d'attention, & qui est cependant pour les habitans des montagnes un des pronostics les plus sûrs, c'est la transparence de l'air. Lorsqu'ils voient l'air parfaitement transparent, les objets éloignés d'une distinction parfaite, & le ciel d'un bleu extrêmement foncé, ils regardent la pluie comme très-prochaine, quoique d'ailleurs il n'en paroisse pas d'autre signe. En effet j'ai souvent observé que, quand depuis plusieurs jours le tems est décidément au beau, l'air n'est point parfaitement transparent, on y voit nager une vapeur bleuâtre qui n'est pas une vapeur aqueuse, puisqu'elle n'affecte pas l'hygrometre, mais dont la nature ne nous est point encore connue. Transparence de l'air.

Voici à ce qu'il me semble, la raison de ce phénomene. Les vapeurs huileuses, & en général toutes celles qui ne sont point aqueuses, & qui dans un tems beau & sec troublent seules la transparence de l'air y existent alors sous la forme de vésicules; les conditions nécessaires pour la formation & pour la durée de ces vésicules non aqueuses sont vraisemblablement les mêmes que pour les vésicules aqueuses. Lors donc que ces vapeurs bleuâtres non aqueuses flottent dans l'air & troublent sa transparence, c'est une preuve de l'existence actuelle des conditions nécessaires pour la formation des vésicules; d'ou il suit, que lors même que l'air viendroit à être supersaturé d'humidité, cette humidité surabondante ne tomberoit point sous la forme de pluie, mais qu'elle demeureroit suspendue dans l'air sous la forme de nuage ou de brouillard. Car pour qu'il

pleuve, il ne suffit pas que l'air soit supersaturé, puisque l'air est supersaturé dans le sein des nuages & qu'il ne pleut pourtant pas toutes les fois que le tems est couvert; mais il faut outre cela l'absence des agens ou des conditions nécessaires pour la formation ou pour la durée des vésicules aqueuses. Or la transparence de l'air prouve l'absence des vésicules non aqueuses & par cela même l'impossibilité de la formation & de la suspension des vésicules aqueuses. Cette transparence indique donc cet état de l'air, qui est la premiere condition nécessaire pour l'existence de la pluie: elle prouve, que s'il vient une quantité suffisante de vapeurs, sous quelque forme qu'elles viennent, elles se résoudront en pluie.

La considération de la transparence de l'air doit donc servir de complément aux pronostics tirés de la considération de l'hygrometre. Car l'hygrometre combiné avec le thermometre, §. 353, nous apprend bien si la quantité des vapeurs en dissolution dans l'air augmente ou diminue; mais il ne nous apprend point si ces vapeurs sont disposées à se résoudre en pluie où à demeurer suspendues sous la forme de brouillard ou de nuage.

Couleur des nuages qui passent sous le soleil.

§. 356. Un autre phénomene auquel je n'ai pas vu non plus qu'on eût fait l'attention qu'il mérite, ce sont des couleurs que l'on observe quelquefois dans les nuages blancs qui passent immédiatement sous le soleil. En observant avec soin ces nuages, on y découvre quelquefois des teintes bien prononcées, des couleurs de l'iris, sans qu'il y ait pourtant ni pluie, ni arc en ciel; ce sont des couleurs vives, parsemées sans ordre dans les parties du nuage les plus fortement éclairées. C'est un signe de pluie presqu'infaillible; je ne me rappelle pas qu'il m'ait jamais

trompé, il m'a même une fois rendu un très-grand ſervice. Le 23e. juillet 1777 j'allois obſerver les montagnes qui ſont au fond de la mer de glace du Grindelwald : le tems avoit la plus belle apparence, & je marchois avec la ſécurité que donne au voyageur la certitude d'une belle journée, lorſque je vis paſſer auprès du ſoleil un petit nuage blanc, qui me parut fouetté par places de rouge & de verd. Averti par ce ſigne je hatai ma marche, je ne perdis point de tems & je fus de retour avant un orage terrible, qui s'il m'avoit ſurpris ſur le ſentier étroit & ſcabreux qui domine le glacier, m'auroit certainement mis dans un très-grand danger.

Ces couleurs prouvent, que les véſicules dont le nuage eſt composé ſe réſolvent en gouttes ſolides, car les nuages qui ne contiennent que des véſicules laiſſent paſſer la lumiere ſans la rompre ou du moins ſans ſéparer ſenſiblement ſes couleurs.

§. 357. C'est par la même raiſon que les halo & la lune qui ſe baigne ſont des ſignes de pluie. Il faut cependant faire à l'égard de ces pronoſtics une obſervation que l'on néglige aſſez communément : c'eſt qu'ils ne ſont point de ſi mauvais augure, quand ils ne paroiſſent que le ſoir, au moment où la roſée ſe forme, du moins ne prouvent-ils alors que l'abondance de cette roſée. En effet les fortes roſées produiſent ſouvent une vapeur concrete, composée de gouttes très-petites, mais pourtant pleines & capables par cela même de diviſer les rayons. Lune baignante, halo.

Mais quand ces météores ſe montrent dans d'autres momens que celui de la roſée, ils prouvent alors une diſpoſition générale de l'air & des nuages à abandonner leurs vapeurs ſous la forme qui produit la pluie.

Espérances de la météorologie.

§. 358. Je ne m'étendrai pas davantage fur ce fujet, mon deffein n'étoit point de l'approfondir; nous avons encore trop peu de données. Mais il y a lieu d'efpérer que le zele avec lequel on s'applique actuellement aux obfervations météorologiques, les beaux inftrumens inventés par Mr. le Chevalier Landriani, les grands travaux de Mr. van Swinden & fur-tout l'établiffement d'une Académie (1) uniquement deftinée à l'étude de cette fcience, les excellentes directions qu'elle donne à fes collaborateurs, l'envoi gratuit qu'elle leur fait d'inftrumens comparables, contribueront puiffamment à perfectionner la météorologie & en particulier la branche curieufe & piquante des pronoftics.

(1) *Societas meteorologica Palatina à Sereniffimo Electore Carolo Theodoro recèns inftituta.*

CHAPITRE

CHAPITRE XI.

DE CE QUI RESTE A FAIRE POUR PERFECTIONNER L'HYGROMETRIE.

§. 359. J'Ai indiqué çà & là dans le cours de cet ouvrage quelques-unes de ses imperfections, soit relativement aux objets qui auroient pû être mieux traités, soit relativement à ceux qui ne l'ont point été du tout & qui pourtant auroient dû l'être. Il me paroît cependant utile d'en présenter ici un tableau; d'autant mieux que j'ai omis des choses qui ne doivent point être passées sous silence.

But de ce chapitre.

§. 360. Quant à l'hygrometre lui-même, j'avouerai ingénûment que je ne crois pas que l'on ajoute beaucoup à sa perfection. Déja je suis persuadé qu'après avoir tout essayé on finira par revenir au cheveu. Sa foiblesse étoit le seul défaut que l'on pût raisonnablement craindre; or en le préparant comme je le fais, en ne le chargeant que du poids de trois grains, ce défaut est presque nul: j'ai des hygrometres construits depuis deux ans, que j'ai portés en voyage avec moi, qui sont continuellement en expérience, qui ont même souffert quelques chocs assez vifs & qui pourtant sont toujours justes, si ce n'est que le cheveu s'est allongé d'un degré ou d'un degré & demi de la division en 100 degrés, erreur légere, dont on peut tenir compte, si l'on n'aime pas mieux la corriger en ramenant l'aiguille à son point par le moyen de la vis de rappel.

Il n'est pas probable que l'on fasse de grands changemens à l'hygrometre à cheveu.

D'ailleurs ils ſont toujours d'accord entr'eux & n'ont ſouffert aucune altération ſenſible.

Je ne crois pas non plus que l'on trouve une meilleure maniere de les graduer, ni des extrêmes d'humidité & de ſécheresse plus ſûrs que les miens. Si donc on perfectionne cet inſtrument, ce ſera dans ſa conſtruction méchanique; je doute cependant beaucoup qu'on puiſſe y faire des changemens avantageux ſans le rendre ou embarraſſant, ou compoſé & cher, ou ſujet à ſe déranger.

Mais il faudra perfectionner les tables de réduction.

§. 361. Mais c'eſt la ſcience même de l'hygrométrie qui eſt bien éloignée de ſa perfection. Elle n'y ſera parvenue que quand on aura une table générale telle que l'exige le §. 173; en ſorte qu'à l'aide de cette table, quelles que ſoient la denſité & la chaleur de l'air, l'hygrometre indique ſur le champ avec la plus grande préciſion, la quantité abſolue de l'eau que l'air tient en diſſolution. J'ai indiqué dans ce même chapitre la méthode qui me paroît la meilleure pour conſtruire cette table, & c'eſt là que doivent principalement ſe diriger les travaux de ceux qui voudront perfectionner l'hygrométrie.

Il faudra pour compléter cette table étudier avec un nouveau ſoin les diminutions qu'apporte la rareté de l'air à ſa force diſſolvante, de maniere qu'on puiſſe évaluer ces diminutions de demi-pouce en demi-pouce ou au moins de pouce en pouce du barometre.

Dreſſer une table des diſtances de la

§. 362. Il faudroit auſſi dreſſer une table des diſtances du terme de ſaturation pour les différens degrés de l'hygrometre

& du thermometre conformément à la méthode de Mr. Le Roi, §. 332.

saturation suivant Mr. Le Roi.

§. 363. Une recherche analogue à celle-là & intéressante à bien des égards seroit d'éprouver la quantité d'humidité qu'attirent différentes especes de verre avant que l'air soit parvenu au point de saturation. §. 107.

Eprouver la quantité d'humidité qu'attire le verre à différens degrés d'humidité.

Il faudroit pour cela peser à une balance très-sensible une grande plaque de verre mince après l'avoir desséchée soit par la chaleur soit par un séjour dans un air artificiellement desséché; & la repeser ensuite après l'avoir exposée à un air dont un bon hygrometre indiqueroit le degré d'humidité. Ces recherches devroient même précéder les expériences nécessaires pour la construction des tables générales dont nous venons de parler; & cela en considération du doute élevé dans le §. 291.

§. 364. Pour tirer parti des observations hygrométriques faites jusqu'à ce jour, il seroit à souhaiter que l'on se donnât la peine de former un tableau de comparaison des hygrometres dont on a fait le plus d'usage, comme de ceux à corde de boyau, & de ceux à plume; mais il faudroit en même tems étudier les influences de la chaleur sur ces divers hygrometres, comme je l'ai fait sur l'hygrometre à cheveu.

Dresser un tableau de comparaison des différens hygrometres connus.

§. 365. Il seroit aussi intéressant & curieux d'approfondir plus que je ne l'ai fait les rapports des différentes especes d'air avec l'eau & les vapeurs, la quantité qu'ils peuvent en dissoudre; si la marche de l'hygrometre plongé dans ces différens airs est la même quand la chaleur ou la densité de l'air augmen-

Approfondir les rapports des différens airs avec les vapeurs.

tent ou diminuent; si les phénomenes des vapeurs vésiculaires y sont les mêmes que dans l'air atmosphérique, &c. &c.

Joindre l'eudiometre aux instrumens météorologiques.

§. 366. Il conviendroit de joindre aux observations météorologiques, celles de l'eudiometre; mais il ne suffiroit pas de noter la plus ou moins grande diminution que subiroient par leur mélange l'air nitreux & l'air atmosphérique: il faudroit encore déterminer quelles sont les especes d'air, qui dans telle ou telle circonstance alterent la pureté de l'air atmosphérique, si c'est de l'air fixe, de l'air inflammable, de l'air phogistiqué, &c. Ce seroit là le seul moyen direct de connoître jusqu'à quel point les changemens chymiques de l'air influent sur les variations du barometre.

Etudier la nature de la vapeur élastique dans le vuide.

§. 367. Voici une belle expérience, mais bien difficile à faire avec exactitude.

Placer un thermometre, un hygrometre & un manometre dans un grand récipient, dessécher l'air de ce récipient, en retirer les sels qui auroient servi à le dessécher, le purger ensuite d'air le plus exactement possible; voir alors quelle quantité d'eau il faudroit pour faire venir l'hygrometre au terme de la saturation, & à quelle hauteur monteroit le manometre; faire ensuite éprouver à ce même appareil des alternatives de chaud & de froid & voir quelle influence ces changemens de température auroient sur l'hygrometre & sur le manometre. On connoîtroit ainsi la densité de la vapeur élastique pure, son élasticité, sa dilatabilité par la chaleur, &c. &c.

§. 368. Il y auroit aussi bien des recherches à faire sur la vapeur vésiculaire, sur la nature du fluide dont les vésicules sont remplies, sur leur atmosphere, sur l'épaisseur de la lame d'eau qui les forme, sur leur dilatation dans un air raréfié & principalement sur la nature des conditions qui décident les vapeurs surabondantes dans l'air, tantôt à prendre ou à conserver la forme de vésicules, tantôt à se résoudre en pluie. Recherches à faire sur les vapeurs vésiculaires.

§. 369. Et combien de choses à étudier dans les nuages! Pourquoi les uns ont-ils leurs bords pour ainsi dire fondus, tandis que d'autres ont leur circonférence arrondie & tranchée comme les corps les plus solides & les plus denses? Pourquoi ces plumes, ces étoffes chinées qu'ils semblent quelquefois imiter sont elles des indices de pluie? Pourquoi sont-ils, quelquefois distribués par flocons détachés, & forment-ils d'autres fois un voile parfaitement uniforme? &c. &c. Sur les nuages.

§. 370. Pour parvenir à connoître la quantité d'eau suspendue dans les nuages, il faudroit faire des expériences sur celle que contiennent les brouillards; remplir un grand vase d'un air qui en seroit chargé & éprouver ensuite par le moyen des sels absorbans la quantité d'eau que contiendroit cet air. Il faudroit ensuite essayer de déterminer la densité des brouillards par leur plus ou moins grande transparence, par la distance à laquelle ils permettent de distinguer un objet donné avec une quantité donnée de lumiere, & étudier enfin par la voie de l'expérience le rapport de la quantité d'eau avec la densité ainsi déterminée. Sur la quantité d'eau qu'ils contiennent.

Trouver un diaphanometre.

§. 371. A cet égard & à bien d'autres un *diaphanometre*, c'eſt-à-dire, un appareil ou un inſtrument qui ſerviroit à meſurer la tranſparence de l'air feroit une addition importante aux inſtrumens de météorologie & à laquelle je ne crois pas que l'on ait encore penſé.

Etudier la vapeur bleue que l'on voit dans des tems ſecs.

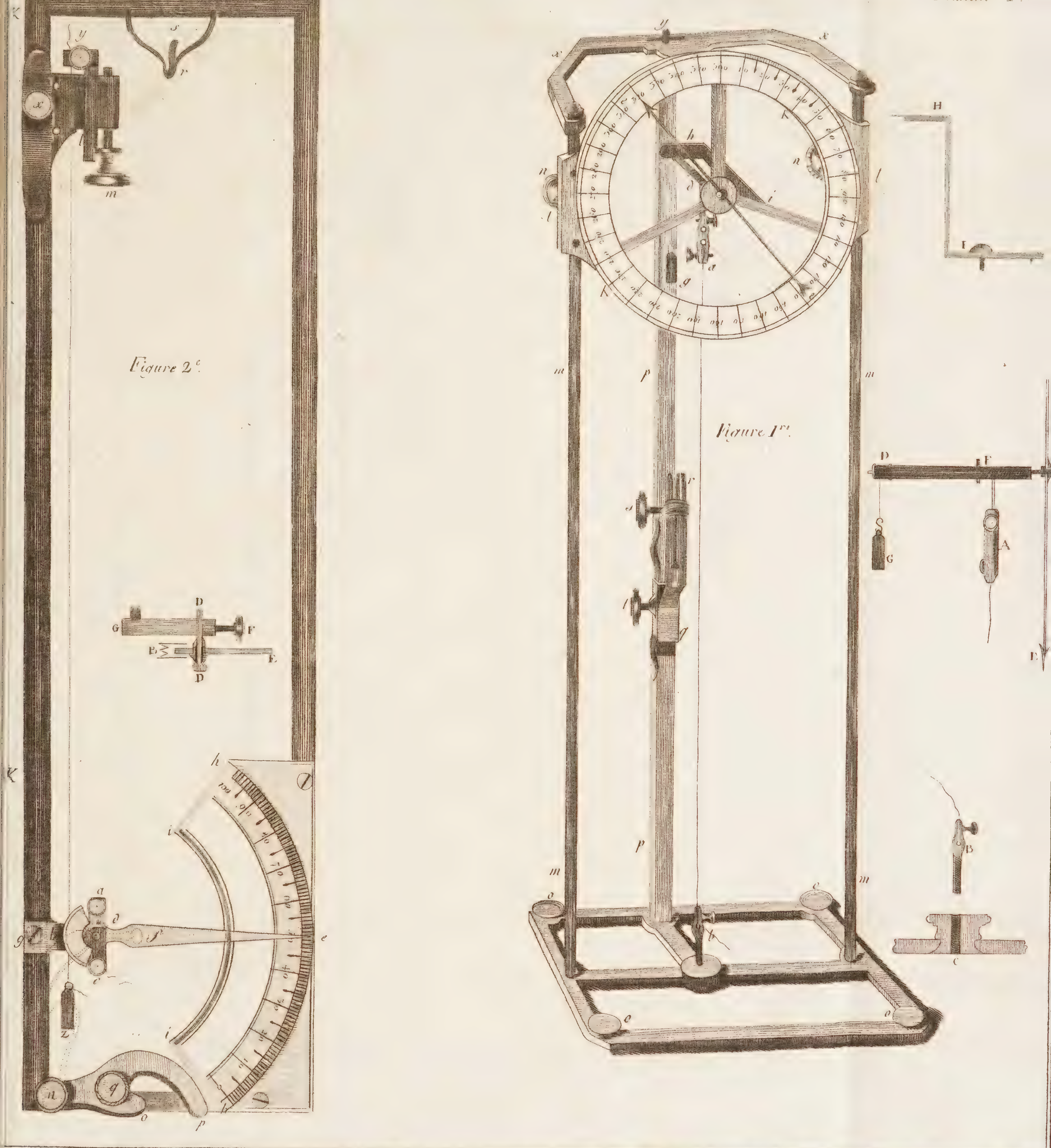
§. 372. Cet inſtrument ſerviroit à eſtimer la quantité & aideroit peut-être à connoître la nature de cette ſinguliere eſpece d'exhalaiſon qui diminue la tranſparence de l'air & qui lui donne une couleur bleuâtre même dans des tems très-ſecs (1) & où il n'y a certainement dans l'air aucune vapeur aqueuſe ſous la forme véſiculaire.

La force réfringente des vapeurs, &c.

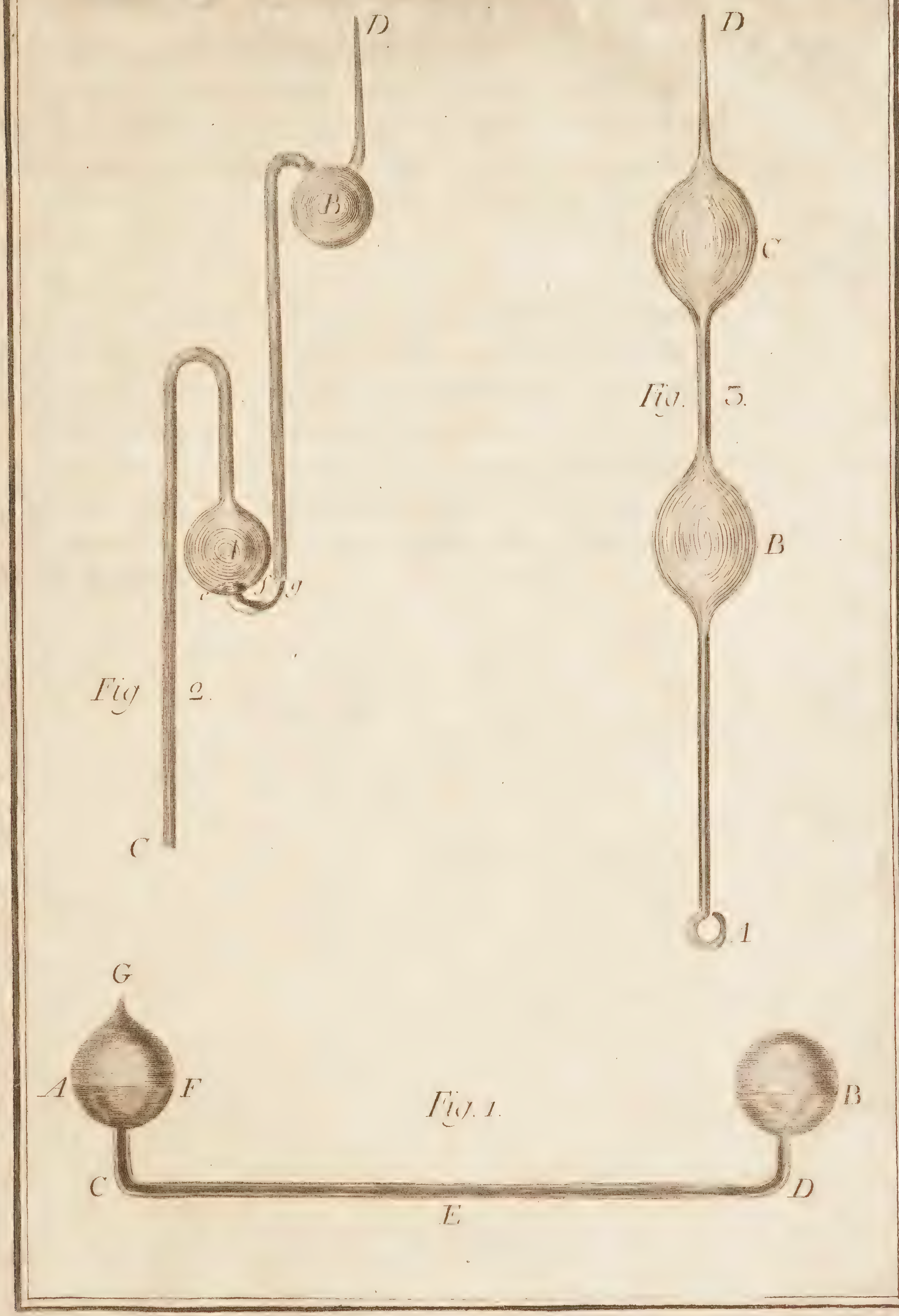
§. 373. Il y a un nombre de recherches qui dépendent de diverſes branches de la phyſique & qui mettront au jour diverſes propriétés des vapeurs aqueuſes. On pourra, par exemple, remplir un priſme creux, tantôt d'un air parfaitement deſſéché, tantôt d'un air ſaturé d'humidité & comparer ainſi leurs forces réfringentes. On pourra de même, comparer leur perméabilité à la chaleur, au fluide électrique, &c.

(1) C'est vraiſemblablement de vapeurs de ce genre, qu'eſt compoſé le brouillard qui accompagne conſtamment ce ſingulier vent de terre, qui regne ſur certaines côtes de l'Afrique & auquel les naturels du pays donnent le nom d'*Harmattan*. Au moins, eſt-il bien certain que ce brouillard n'eſt pas compoſé de véſicules aqueuſes, puiſque le vent qui regne en même tems que lui eſt d'une ſi grande ſéchereſſe qu'il brûle pour ainſi dire la peau des hommes, les feuilles des arbres, & qu'il deſſeche en peu d'heures l'huile de tartre par défaillance. C'eſt même par ſa ſéchereſſe proprement dite & non point par ſa chaleur que ce vent produit ces effets, car ſa chaleur eſt très-modérée pour ces climats; elle n'excede pas 80 degrés de Farenheit ou 21 $\frac{1}{3}$ de Réaumur. *Philoſophical Tranſact.* V. LXXI. p. 46, & *Journal de Phyſique 1782.* Tom. II. pag. 48.

Planche Ire.



Pl. 11.



§. 374. Enfin il faudroit généraliser la théorie de l'évaporation; voir si tous les corps qui en sont susceptibles se réduisent en vapeurs élastiques, si ces vapeurs peuvent se dissoudre dans l'air, si elles y prennent une forme vésiculaire, ou si au contraire la nature a employé des moyens différens pour volatiliser les différens corps.

Généraliser la théorie de l'évaporation.

Mais il suffit d'avoir indiqué les recherches les plus importantes à faire sur ce riche & fertile sujet. Le génie actif des physiciens étendra bien cet agenda: la solution de chacun de ces problêmes développera de nouvelles idées & ouvrira de nouvelles carrieres; & lors même que cet ouvrage recevroit aujourd'hui un accueil favorable, on trouvera bientôt que s'il eût existé un titre plus modeste que celui d'essai, c'étoit celui qu'il falloit lui donner.

F I N.